DAS WISSEN
DER GEGENWART
7. BAND

VALENTINER.
Kometen
u. Meteore

# Das Wissen der Gegenwart

## Deutsche Universal-Bibliothek für Gebildete.

Einzeldarstellungen aus dem Gesamtgebiete der Wissenschaft, in anziehender gemeinverständlicher Form, von hervorragenden Fachgelehrten Deutschlands, Österreich-Ungarns und der Schweiz.

**Jeder Band bildet ein für sich abgeschlossenes Ganze. — Die Bände erscheinen in kurzen Zwischenräumen. — Elegante Ausstattung. — Schönes Papier u. grosser Druck. — Reich illustriert. — Druck u. Format aller Bände gleichmässig. — Jeder Band füllt 15–20 Bogen. — Solider Leinwand-Einband.**

**Jeder Band ist einzeln käuflich und kostet gebunden nur 1 Mark = 60 Kr. = 1 Fr. 35 Cts.**

Das von uns eingeleitete Sammelwerk:

### „Das Wissen der Gegenwart“

durch dessen planmäßige Durchführung die Aufgabe gelöst werden soll, dem Gebildeten auf jedem einzelnen Gebiete wie auf dem Gesamtgebiete der Wissenschaft vom Standpunkte der heutigen Forschung aus befriedigende Aufklärung, Belehrung und Anregung zu bieten, wird hiermit der allgemeinen Teilnahme empfohlen. Für unsere Sammlung ist vorläufig ein Umfang von zwei bis dreihundert Bänden in Aussicht genommen, **von denen jeder einzelne ein Ganzes für sich**, zugleich aber einen Baustein zu einem Gesamtgebäude bilden soll. Bei dem Plane des Unternehmens haben wir jene Zweiteilung, welche als herrschende unverkennbar durch die moderne Wissenschaft hindurchgeht, zum obersten Einteilungsgrunde gemacht. Die **Naturwissenschaften** und die **historischen Wissenschaften**, die gleichsam wie glücklich gelegene Inseln immer mehr fruchtbares Land ansetzen und selbst widerstrebende Disziplinen an sich heranziehen, werden, wie sie im Leben der modernen Wissenschaft selbst die Herrschaft angetreten haben, auch in unserem Werke, welches dieses Leben klar abspiegeln will, die beiden großen Hauptgruppen der systematischen Einteilung bilden. Die rein abstrakten Wissenschaften, welche eine dritte Gruppe bilden könnten, werden wir keineswegs aus unserem Werke ausscheiden, aber nicht sowohl vom dogmatischen als vom historischen Standpunkte aus beleuchten. Und dies aus dem Doppelgrunde, weil in einem Teil dieser Wissenschaften, wie z. B. in der Mathematik, ein anderes Wissen als ein durchaus vollständiges Fachwissen nicht denkbar ist, während in einem andern Teile, wie in der Metaphysik, positive Wahrheit nur insoweit, als es auf innere Geschichte ankommt, zu bieten ist.

Wir bemerken nur noch, daß wir die **Länder- und Völkerkunde**, die als selbständige Wissenschaft immer bedeutsamer hervortritt und die naturwissenschaftlichen und historischen Elemente in sich schließt, in unserem Plane deshalb der großen Gruppe der historischen Wissenschaften angereiht haben, weil der Hauptgesichtspunkt, von dem die Methode dieser Wissenschaften ausgeht, nämlich die territoriale Abgrenzung, ein historischer ist.

# Inhalt der erschienenen Bände:

## Folgende Bände sind in Vorbereitung und werden in rascher Reihenfolge erscheinen:

**Behaghel, Dr. Otto**, Die deutsche Sprache.
**Bernstein, Prof. Dr. Julius**, Naturkräfte.
**Blümner**, Das Kunstgewerbe im Altertum.
**Detlefsen, Dr. E.**, Wie wächst die Pflanze?
**Döderlein**, Japan.
**Egli, Prof. Dr. J. J.**, Die Schweiz. (Mit Abbildungen.)
**Falkenstein**, West-Afrika.
**Fournier, Prof. A.**, Napoleon I. (Eine Biographie.)
**Fritsch, K. v., Prof. Dr.**, Geschichte der Tierwelt. (Mit Abbildungen.)
**Fritsch, Prof. G.**, Südafrika. (Mit Abbildungen.)
**Geschichte der Malerei.**
I. Geschichte der deutschen Malerei.
II. Geschichte der niederländischen Malerei von Dr. A. von Wurzbach.
III. Geschichte der italienischen Malerei von Prof. Dr. Janitschek.
IV. Geschichte der spanischen, französischen und englischen Malerei.
**Geschichte der Architektur** von R. Redtenbacher.
I. Die Baukunst des Altertums.
II. Die Baukunst des Mittelalters.
III. Die Baukunst der Renaissance.
IV. Die Baukunst der Neuzeit.
**Gindely, Prof. A.**, Albrecht von Waldstein. (Eine Biographie.)
— Gustav Adolf, König von Schweden. (Eine Biographie.)
**Guttmann, Dr.**, Geschichte der französischen Revolution. (Mit Abbildungen.)
**Graber, Prof., Dr.**, Die mechanischen Werkzeuge und Einrichtungen der Tiere.
— Die Hauptpläne der tierischen Organisation.
**Hansen**, Die Ernährung der Pflanze.
**Hartmann, Prof. Dr. R.**, Madagaskar.
— Die Nilländer.
**Hopp, Dr. E. O.**, Geschichte der Vereinigten Staaten in 3 Abteilungen.
**Kirchhoff, Prof. Dr. A.**, Bilder aus der Völkerkunde. (Mit Abbildungen.)
**Kretzschmar, Dr. H.**, Geschichte der Oper. (Mit Abbildungen.)
**Krümmel, Dr. Otto**, Der Ozean und die Binnenmeere. (Mit Abbildungen.)
**Kugler**, Geschichte des deutschen Volkes.
**Lippert, Julius**, Allgemeine Kulturgeschichte in Einzeldarstellungen.
**Löwenberg**, Geschichte der geographischen Forschungen und Entdeckungen am Pol und Äquator. (Mit Abbildungen und Kärtchen.)
**Meyer von Waldeck, Dr. Fr.**, Rußland: Leben, Sitten u. Gebräuche. (Mit Abbildungen.)
**Nüßlin, Prof.**, Das Tierleben unserer Seen und Flüsse.
— Bolivia und Peru. Schilderung von Land und Leute. (Mit Abbildungen.)
**Pinner, Prof. Dr.**, Die Gesetze der Naturerscheinungen.
**Proskauer, Dr. B.**, Beleuchtungsstoffe. (Mit Abbildungen.)
**Rein, Prof., Dr.**, Marocco. (Mit Abbildungen.)
**Schaßler, Dr. Max**, Ästhetik.
**Schorn**, Geschichte des Kunstgewerbes im Mittelalter bis zur Gegenwart.
**Schütz, Friedr.**, Geschichte Österreichs von 1848—1870.
**Sell, Prof. Dr.**, Das Wasser. (Mit Abbildungen.)
**Sellin**, Brasilien.
**Semper, Dr. H.**, Geschichte der Plastik. (Mit Abbildungen.)
**Studer, Prof.**, Allgemeine Tiergeographie. (Mit Abbildungen.)
**Taschenberg, Dr. Otto**, Bilder aus dem Tierleben.
**Toula, Prof. Dr. F.**, Die Erde als Weltkörper (Relief, ihr Inneres, ihre Entstehung ꝛc.). (Mit Abbildungen.)
**Valentiner, Prof. Dr. W.**, Kometen- und Meteoren-Buch. (Mit Abbildungen.)
**Waßmuth, A.**, Die Elektricität.
**Wirth, Max**, Das Geld.

---

Fortsetzung am Schluß des Buches.

# Das Wissen der Gegenwart

## Deutsche Universal-Bibliothek für Gebildete.

XXVII. Band.

# Die
# Kometen und Meteore

in allgemein faßlicher Form dargestellt

von

**Prof. Dr. W. Valentiner.**
Vorstand der großherzoglichen Sternwarte in Karlsruhe.

Leipzig: G. Freytag. 1884. Prag F. Tempsky.

# Die Kometen und Meteore

in allgemein faßlicher Form dargestellt

von

Prof. Dr. W. Valentiner.
Vorstand der großherzoglichen Sternwarte in Karlsruhe.

Mit 62 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig: G. Freytag. 1884. Prag: F. Tempsky.

# Inhaltsverzeichnis.

# Figurenverzeichnis.

# I. Einleitende Bemerkungen.

## Bewegung der Kometen in Kegelschnitten, Elemente der Bahn.

Ein bedeutender Astronom, welcher vor einigen Jahren gestorben ist, äußerte sich einst in folgender Weise: Wenn die oft gehörte Ansicht, daß wir nach dem Tode in irgend welcher uns unbekannten Verwandlung auf andere Gestirne versetzt werden, richtig ist, so wünsche ich mir nicht auf den Mond zu kommen, für den die Erde der interessanteste Himmelskörper sein muß — denn diesen kenne ich, auch nicht auf einen der anderen Planeten, die ewig und immer gerade wie die Erde in geschlossenen, dem Kreise fast gleichen Bahnen einherziehen und nichts von den ihnen fernen Welten erfahren, endlich auch nicht auf die Sonne oder einen ähnlich gearteten Fixstern, denn auch ihr steht nicht, sozusagen, die Welt offen! Aber auf einen Kometen möchte ich versetzt werden und mit ihm die Räume durchziehen, von ihm aus fremde Welten beobachten.

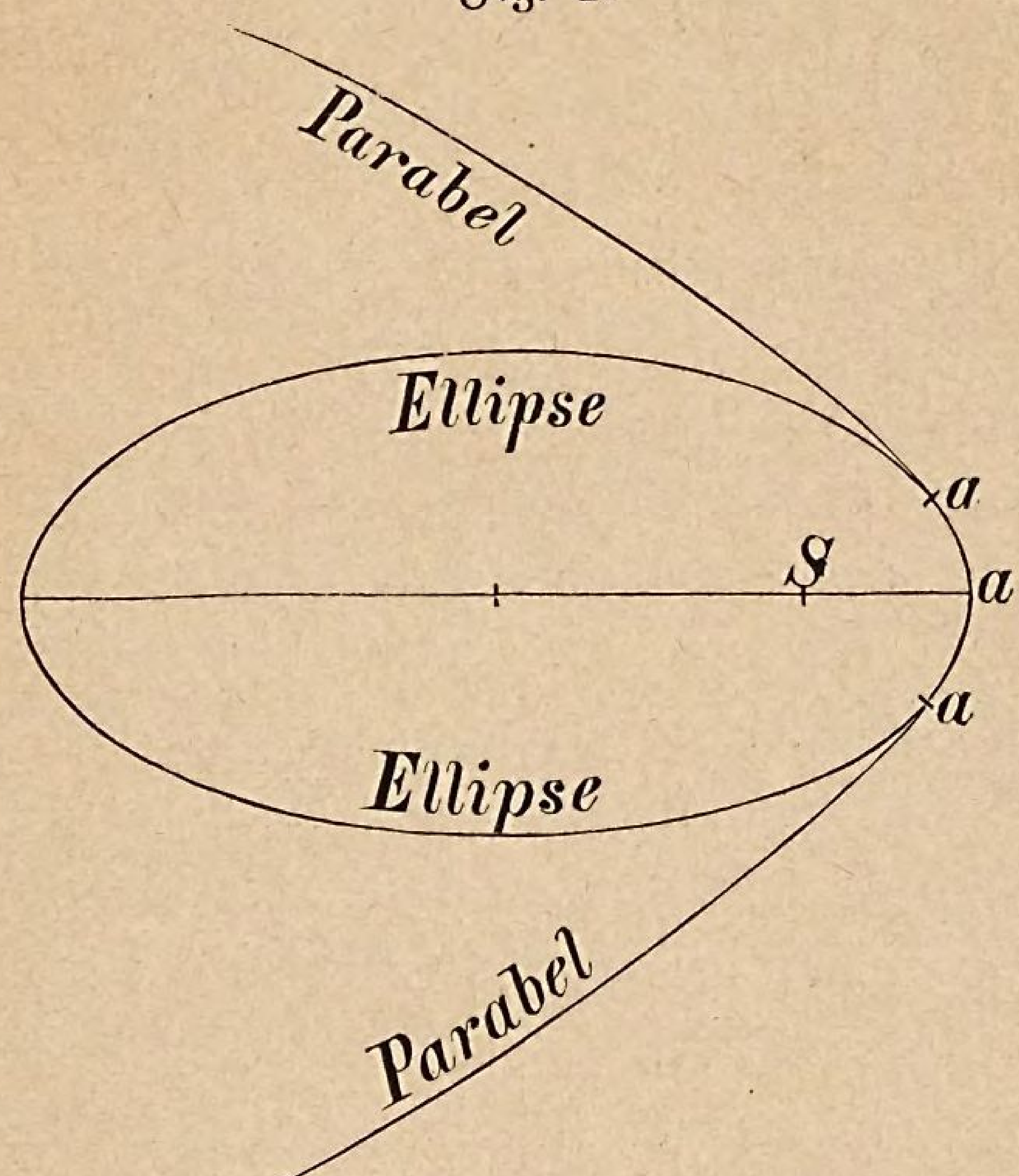
In der That haben die Kometen, wenn auch die Ansichten der Alten, wonach sie Ausdünstungen unserer Atmosphäre wären, sowie die Meinung Tycho Brahes, wonach sie sich in Kreisen und in größeren Entfernungen als die des Mondes von der Erde bewegten, überwunden sind, doch was Bahnverhältnisse und physische Beschaffenheit betrifft, eine Ausnahmestellung unter den Gestirnen immer behalten. Nach Andeutungen, welche von Hevel u. A. ausgesprochen wurden, sollten sie sich in Kurven bewegen, die möglicherweise Parabeln oder Ellipsen sein könnten, die aber

jedenfalls ihre hohle Seite der Sonne zuwenden müßten. Es war ein glänzender Komet des Jahres 1680, den wir noch mehrfach zu erwähnen haben werden, welcher einen Liebhaber der Astronomie, den sächsischen Prediger Dörfel die richtige Bahn, eine Parabel, in deren Brennpunkt die Sonne stehe, erkennen ließ. Wenn auch in der Folge manche parabolische Kometenbahn einer elliptischen hat weichen müssen und man zu der Annahme geneigt ist, die Kometen in der größten Mehrzahl als ständige Glieder des Sonnensystems anzusehen, d. h. ihre Bewegung in der geschlossenen Ellipse für wahrscheinlicher zu halten als die in der Parabel, so ist darum die Meinung Dörfels nicht minder berechtigt. Sämtliche Ellipsen, die man seither für die Kometenbahnen gefunden hat, sind nämlich im Gegensatz zu den Ellipsen, in denen sich die Planeten bewegen, sehr langgestreckt und da uns ein Komet nur in der Sonnennähe sichtbar wird, so ist der kleine von ihm in der Ellipse durchlaufene Bogen oft nicht von einem solchen Bogen in der Parabel zu unterscheiden. In der Figur 1 ist eine Ellipse und ein Teil einer Parabel dargestellt, in S sei die Sonne im Brennpunkt. Nehmen wir nun an, es erscheine uns ein Komet, der uns nur in dem kleinen Teil der Bahn a a a sichtbar wird, so können wir seine Beobachtungen ebenso gut durch eine Parabel als durch eine Ellipse darstellen. Die meisten Fälle entsprechen diesem Beispiel. Bei einem Planeten ist die Sachlage ganz anders; wir werden den Planeten in seiner ganzen Bahn beobachten können, weil er sich immer in nahe der gleichen Entfernung von der Sonne befindet, daher seine Helligkeitsänderung nur von der Entfernung zur Erde abhängt. Hier werden wir also die geschlossene Bahn nicht durch eine offene mit einiger Annäherung ersetzen können Ferner sind aber auch die Ellipsen der Planeten viel leichter mit dem Kreise zu verwechseln als mit der Parabel; wenn wir einen Planeten nur kurze Zeit oder nicht mit voller Genauigkeit beobachteten, so würden wir dazu kommen können, für seine Bewegung eine Kreisbahn zu finden, welche mit den Beobachtungen

im Einklang ist. — Kopernikus hat ja auch noch die Bewegung im Kreise angenommen.

Die langgestreckte Form der Ellipse, die möglicherweise in eine Parabel übergehen kann, ist es, welche dem oben erwähnten Gelehrten die Versetzung auf einen Kometen wünschenswert erscheinen ließ. Auf dem Kometen könnte er, selbst wenn sich derselbe nicht aus dem Sonnensystem entfernte, doch bei allen Planeten in der Nähe vorbeiziehen und Beobachtungen anstellen,

Fig. 1.




Elliptische und parabolische Bahn.

die sich die Phantasie des Lesers ausmalen mag. In den meisten Fällen würde er dafür freilich auch zu gewärtigen haben, daß er nicht nur Jahre, sondern Jahrtausende in den größten Fernen zu weilen hätte, in Fernen, in welche kaum noch ein Strahl der Sonne, möge er Licht oder Wärme spenden, dringt, und wo die Existenz der Sonne sich nur in der Fessel bemerkbar macht, die seiner Bewegung angelegt ist. Wollte er nun der Fessel ledig und frei in der Bewegung sein, er würde nicht Jahr-

tausende, sondern Jahrmillionen in den öden Welträumen verbringen, bis er in das Reich einer anderen Sonne gelangte.

Leider ist es uns, wie erwähnt, nicht vergönnt, einen Kometen in weite Fernen auf seiner Bahn zu begleiten; einzelne der größeren werden uns sichtbar, wenn ihre Entfernungen von der Sonne, resp. Erde, die doppelte Entfernung der letzteren von der Sonne betragen, beiläufig wohl ca. 300 Millionen Kilometer, aber was will das heißen, wenn sie dann in ungemessene Entfernungen hinauswandern. Bei weitem die Mehrzahl ist uns aber noch nicht sichtbar, wenn ihre Entfernung der Entfernung der Erde von der Sonne gleich ist. Nach den staunenswerten Veränderungen, die nun ein Komet bei seiner Annäherung an die Sonne häufig zeigt, würde es für unsere Kenntnisse über das Wesen der Kometen natürlich von Wichtigkeit sein, wenn wir sie weiter verfolgen könnten, namentlich wenn sie den ferneren Planeten vorbeiziehen und wenn sie sich in den äußersten Grenzen des Sonnensystems befinden, wo ihre unglaubliche Geschwindigkeit, mit der sie sich um die Sonne herumschwingen, einem schneckenartigen Hinschleichen gewichen ist. So wird unsere Kenntnis der physischen Beschaffenheit der Kometen stets lückenhaft bleiben müssen, denn wir können nur auf Grund der Erscheinungen, die der Komet in einem so kleinen Teil seiner Bahn — freilich einem sehr wichtigen — unseren Blicken zeigt, auf den Zustand schließen, in dem er sich in jenen Fernen befinden muß. Ähnlich wird auch die Entscheidung, ob die Mehrzahl sich in Ellipsen oder Parabeln bewegt, nur nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit gelöst werden können. Wir sind daher trotz der großen und vielfachen Fortschritte, die in der neueren Zeit auf dem Gebiete der Kometenastronomie gemacht worden sind, und die auf Beziehungen und Verwandtschaften zwischen den scheinbar heterogensten Körpern geführt haben, doch immer und immer darauf angewiesen, mit der Wahrscheinlichkeit anstatt mit der Sicherheit zu rechnen. Es kann nicht zweifelhaft sein, daß im Laufe der Zeiten manche dieser Wahrscheinlichkeiten durch neue

Stützen der Gewißheit immer näher gebracht werden wird, andererseits würde es aber gewagt sein, zu erwarten, daß dies mit allen uns jetzt als zutreffend erscheinenden Erklärungen der Fall sein wird. Gerade in den Naturwissenschaften und speziell in der Astronomie haben uns die letzten Jahrzehnte oft gelehrt, daß die eingebürgertsten Ansichten nicht vor der weiter dringenden Forschung standhalten können. Die Zweifel gelten aber nicht in betreff der Bewegung, wie sie nach den Gesetzen Keplers und Newtons geregelt ist. Mag dieselbe in einer Ellipse, Parabel, ja Hyperbel stattfinden, immer muß sie in einem Kegelschnitt, in dessen einem Brennpunkt die Sonne steht, vor sich gehen. Es soll hier nicht näher auf die Gesetze eingegangen werden, es erscheint nur nötig einiges über die Bestimmung der Bahn der Kometen anzuführen, da im weiteren Verlauf häufiger die hierfür gebräuchlichen Ausdrücke benutzt werden müssen.

Wenn uns auch in jenen Gesetzen die Art der Bewegung der Himmelskörper im Sonnensystem gegeben ist, so bedarf es doch mehrfacher Beobachtung der Orte, an denen sich diese Gestirne am Himmel zu befinden scheinen, bevor es möglich ist die Bahn zu ermitteln. Zu einer ersten Annäherung brauchen wir drei von einander unabhängige derartige Beobachtungen, die von demselben Ort der Erde aus angestellt werden können, die aber soweit der Zeit nach von einander entfernt liegen müssen, daß das Gestirn eine merkbare Bewegung in der Zwischenzeit vollführt hat. Je größer diese Zwischenzeit ist, um so sicherer wird im allgemeinen die Bestimmung der Bahn ausfallen. Da nun aber jede Beobachtung unvermeidliche Fehler, die teils in der Unvollkommenheit der Apparate, teils in der unserer Sinneswerkzeuge liegen, an sich trägt, so wird wiederum die Bahn um so sicherer werden, je häufiger das Gestirn beobachtet worden und je mehr Astronomen die Ortsbestimmungen lieferten. Dann ist es nämlich wahrscheinlich, daß ein großer Teil dieser zufälligen, nicht in Rechnung zu ziehenden Fehler sich aufheben, auf das Resultat ohne Einfluß bleiben wird. Ist eine Bahn ihrer Ge-

stalt und ihrer Lage nach im Raume bekannt und wissen wir ferner, wo sich das Gestirn in einem gegebenen Zeitpunkt in jener Bahn befand, so ist es dann möglich für jede beliebige andere Zeit anzugeben, wo er sich früher befunden haben muß und wo er sich in Zukunft befinden wird. Natürlich wird eine solche Angabe um so sicherer eintreffen, je genauer die Bahn berechnet werden konnte. Man darf nun keineswegs glauben, daß die Bahn sich in Wahrheit als eine vollkommene regelmäßige Kurve darstellt, und daß z. B. eine Ellipse bei jedem wiederholten Umlauf genau die gleiche Gestalt und Lage hat. Es würde, wenn dies der Fall wäre, aus mehreren Umläufen mit relativ geringer Arbeit gelingen, dieselbe mit sehr großer Schärfe zu bestimmen. Der Fall würde statthaben, wenn das Gestirn sich um ein Attraktionszentrum bewegte, und kein anderer Körper irgend welcher Art mit ihm zu dem gleichen System gehörte. Dies trifft im Sonnensystem nicht zu, nicht die Sonne allein regelt die Bewegung der Planeten, Kometen, sondern jedes Glied übt seine Anziehung auf das andere aus, und wenn auch der Einfluß der Sonne bei weitem der mächtigste ist, so werden doch jene anderen Körper die ideale regelmäßige Bahn stören und der Betrag dieser Störung wird stets ein anderer sein, da er von der gegenseitigen Stellung der Glieder zu einander abhängt. Hierin liegt die sehr große Schwierigkeit einer genauen Darstellung der Beobachtungen durch eine berechnete Bahn, eine Menge Faktoren treten auf, welche das Resultat beeinflussen und je genauer auf der einen Seite die Beobachtungen werden, um so mehr solcher Faktoren werden fühlbar werden. Aber jede solche Erfahrung bringt uns auf dem Wege zur Erkenntnis der Wahrheit weiter und wir werden sehen, daß gerade die Erscheinungen der Kometen viele Fragen aufwerfen, deren Lösung bis jetzt noch in weiter Ferne zu liegen scheint, die aber, wenn wir Klarheit über sie erlangen, unseren Blick in den Bau des Weltalls, über Natur und Beschaffenheit, Eigenschaft des Stoffes in den entlegensten Räumen ungeheuer erweitern müssen.

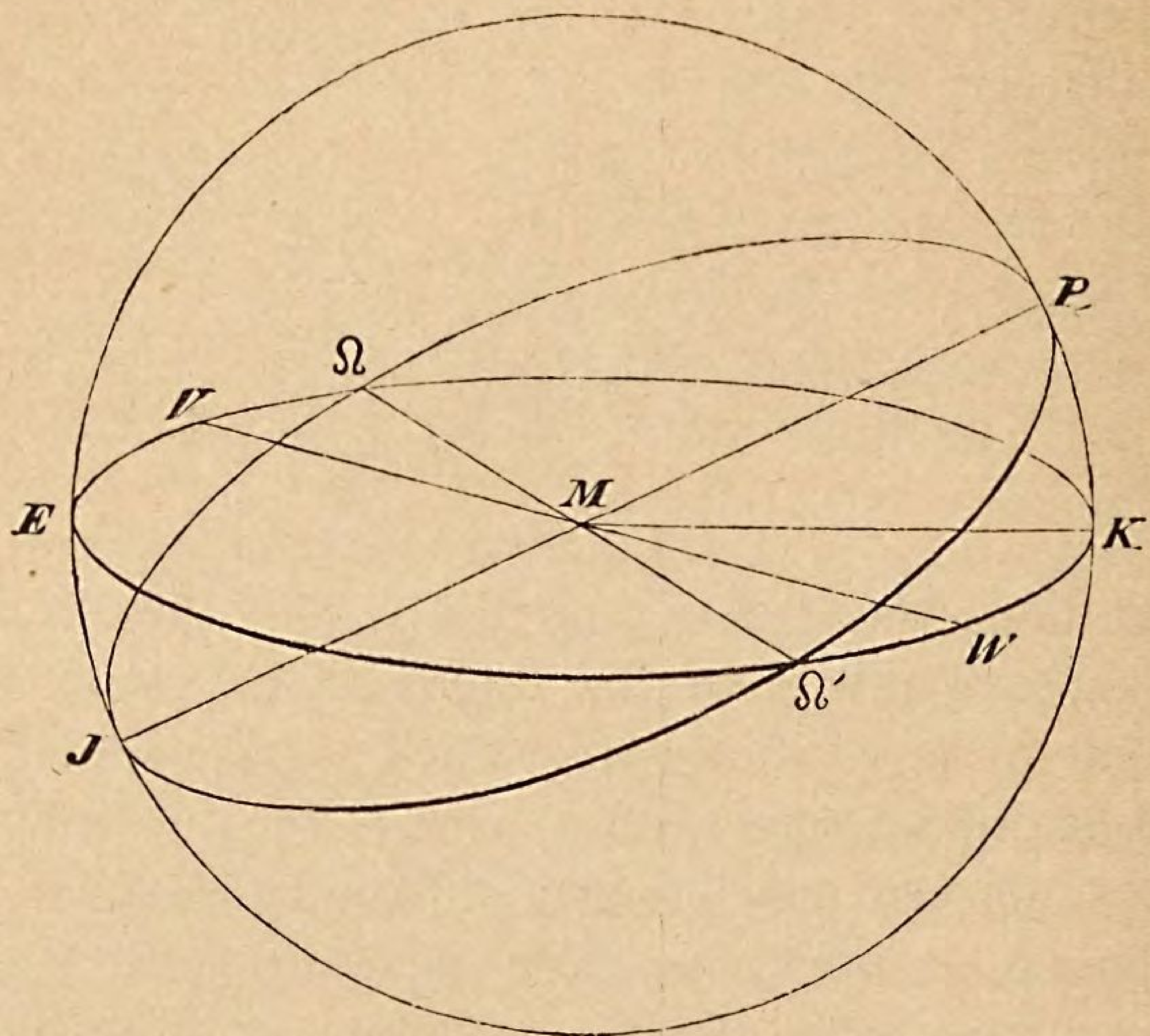
Zur Bestimmung einer Bahn und der Angabe des Orts eines Himmelskörpers in derselben für eine gegebene Zeit gebraucht man 6 Größen, welche man die Elemente der Bahn zu nennen pflegt. Die Gestalt der Bahn wird bestimmt durch folgende zwei Elemente: 1. die sogenannte Exzentricität; dieselbe bestimmt die mehr oder minder große Abweichung der Form einer Ellipse vom Kreis, ob sie mehr oder weniger langgestreckt ist; sie giebt das Verhältnis der Entfernung des Brennpunkts vom Mittelpunkt zur großen Axe der Ellipse; man kann für die Exzentricität auch die kleine Axe angeben wenn außerdem die große bekannt ist, (oder letztere, wenn erstere gegeben ist); ist die Exzentricität 0 so geht die Ellipse in einen Kreis über, ist sie 1, so erhalten wir eine Parabel; die Exzentricität der Ellipse ist immer größer als 0 und kleiner als 1, die der Hyperbel immer größer als 1.

2. die Länge der halben großen Axe, die dann die mittlere Entfernung des Gestirns von der Sonne genannt wird. Bei der Parabel und Hyperbel ist die große Axe unendlich, es wird daher bei diesem Kegelschnitt anstatt der großen Axe die kleinste Entfernung des Körpers von der Sonne (man sagt dann, er befinde sich im Perihel, in der Sonnennähe, im Gegensatz zu dem Aphel der Sonnenferne; beide Punkte bezeichnen bei der Ellipse die Endpunkte der großen Axe) gegeben.

Wenn sonach die Gestalt der Bahn bestimmt ist, so ist dann die Lage der Bahn im Raume zu ermitteln. Diese wird durch drei Elemente gegeben. Wir müssen die Bahn natürlich auf eine uns bekannte Ebene beziehen, hierzu wählen wir die Ebene der Bahn, in welcher sich die Erde bewegt, die sogenannte Ekliptik. In der Figur 2 sei dieselbe gegeben durch EVKW. Es kann nun die unbekannte Bahn jedwelche Neigung gegen die Ekliptik haben und der Winkel, den die beiden Bahnen miteinander bilden, ist das erste notwendige Element für die Kenntnis der Lage der Bahn im Raume. Bezeichnen wir in der Figur mit

J☊P☊' die unbekannte Bahn des Körpers, so ist das Element der Neigung gegeben durch den Winkel P☊'K, oder den Bogen PK. Bei bekannter Neigung sind nun immer noch unzählige Bahnen möglich und es ist zu ermitteln, wo sich die beiden Ebenen im Raume schneiden; dieses Element wird gegeben durch die sogenannte „Länge des Aufsteigenden Knotens", d. i. der

Fig. 2.




Elemente der Bahn.

Winkel, welchen die Linie ☊☊', in der sich die beiden Ebenen schneiden, mit einer bekannten Linie in der Ekliptik VW macht Diese bekannte Linie ist die Durchschnittslinie des Himmelsäquators mit der Ekliptik, die Verbindungslinie des Frühlings- und Herbstäquinoktialpunktes, und so wie man überhaupt die Längen am Himmel von dem Frühlingsäquinoktialpunkt (V) zählt, so zählt man auch die Länge des Aufsteigenden Knoten von hier aus. Man kann also für dieses Element den Bogen V☊ angeben. Auch hiermit ist die Lage der Bahn noch nicht vollkommen im Raum bestimmt, indem die große Axe nach

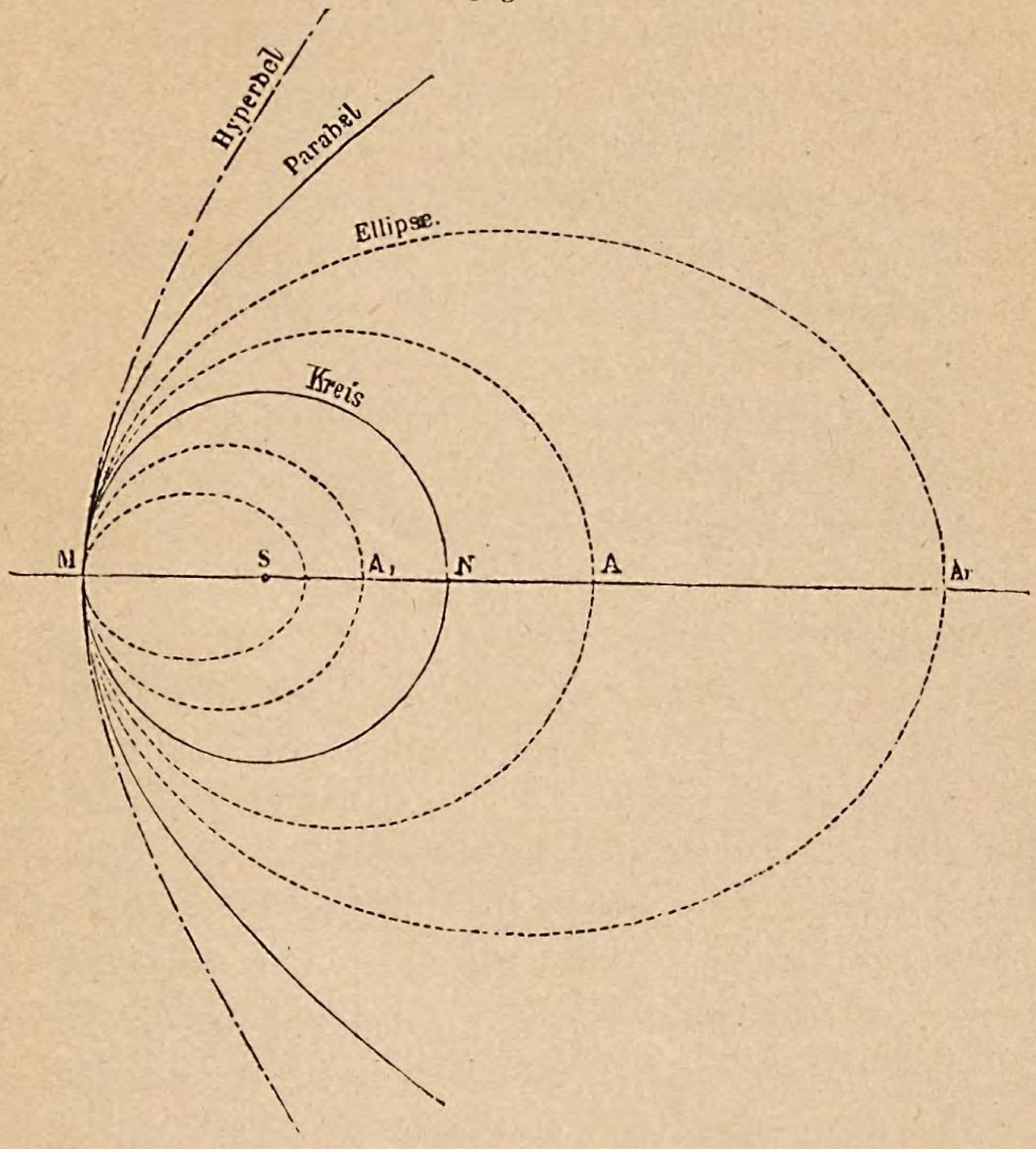
jeder Richtung hin liegend gedacht werden kann, also muß auch diese Richtung angegeben werden, und hierzu dient das 5. Element, die Länge des Perihels, d. i. der Bogen P☊+V☊. Haben wir so die Lage und Gestalt der Bahn festgelegt, so bedarf es dann nur für irgend eine beliebige Zeit der Angabe, in welchem Punkt der Himmelskörper stand; meistens giebt man hierfür die Zeit an, zu welcher der Körper, im speziellen der Komet, seine größte Sonnennähe, den Punkt P passierte. Der Kürze wegen sind für diese Elemente gewisse Bezeichnungen üblich geworden, die ich hier anführe, weil sie in dem am Schlusse des Werkes beigefügten Verzeichnis der Kometenbahnen Anwendung finden. Es bezeichnet a die mittlere Entfernung oder halbe große Axe, e die Exzentricität, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens, i die Neigung der Bahn gegen die Ebene der Ekliptik, $\pi$ die Länge des Perihels, T die Zeit des Durchgangs durch das Perihel, q die kürzeste Entfernung von der Sonne, U die Umlaufszeit in Jahren.

Die Gestalt der Bahn eines Himmelskörpers um die Sonne, hängt von der Geschwindigkeit ab, mit welcher er in den Bereich der Attraktionssphäre der Sonne kommt. Wirkte nämlich die Anziehungskraft der Sonne allein auf die Planeten und Kometen, so würden dieselben naturgemäß in gerader Linie auf die Sonne zulaufen und in sie hineinstürzen. Dies ist, wie wir wissen, nicht der Fall, und wir müssen daher noch die Existenz einer zweiten Kraft annehmen, welche nicht nach der Sonne gerichtet ist und daher den Zusammenstoß beider Körper verhindert. Diese zweite Kraft, die sogenannte Wurfkraft, würde, wenn die Attractionskraft der Sonne plötzlich aufhörte, die Körper zwingen in der Tangente ihres letzten Bahnstückes von der Sonne sich zu entfernen. Durch das Zusammenwirken beider Kräfte aber, der beständig wirkenden Anziehungskraft der Sonne und jener Momentankraft von der wir annehmen müssen, daß sie in irgend einem früheren Zeitpunkt, im Anfang der Bewegung gewirkt hat, wird der Körper gezwungen sich in einer der Bahnen zu bewegen

die wir als Kegelschnitte bezeichnen und welche Kreis, Ellipse, Parabel oder Hyperbel sein können. Welche dieser Kurven der Körper beschreibt, hängt von der Größe der Tangentialkraft im Anfang der Bewegung, ab, oder mit anderen Worten, wie oben gesagt, von der anfänglichen Geschwindigkeit des Himmelskörpers. Es befinde sich z. B. ein Körper, Planet oder Komet, in M (Fig. 3) unter der Anziehungskraft der Sonne in S und gleichzeitig in einer Bewegung die senkrecht zur Richtung MS gerichtet ist. Das Verhältnis der Anfangsgeschwindigkeit des Körpers zu seiner Entfernung von der Sonne bestimmt die Form der Bahn. Für einen gewissen Wert dieses Verhältnisses wird die Bahn ein Kreis, der Körper durchläuft mit vollkommen gleichmäßiger Geschwindigkeit die Peripherie, im Mittelpunkt des Kreises steht die Sonne. Diese Geschwindigkeit, welche für eine gewisse Entfernung den Körper im Kreis sich zu bewegen zwingt, heißt die kreisförmige Geschwindigkeit. Wenn die Geschwindigkeit geringer ist, so geht die Bahn über in eine Ellipse; die Sonne steht dann nicht im Mittelpunkt der Bahn, sondern in einem Brennpunkt und zwar in dem, welcher von M am weitesten entfernt ist, der Körper M befindet sich dann in M im Aphel seiner Bahn. Aber auch wenn die Geschwindigkeit größer als die kreisförmige ist, erhalten wir noch eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht, aber in diesem Fall befindet sich M im Perihel (und der Körper kommt in die größte Entfernung von dem Brennpunkt der Attraktion in dem entgegengesetzten Endpunkt des Durchmessers $MSA_1$). Wird nun die Geschwindigkeit immer größer, so wird die Bahn stets langgestreckter, die Exzentricität der Ellipse immer größer; sie wird schließlich eine gewisse Größe erreichen können (nämlich die kreisförmige Geschwindigkeit multipliziert mit der Zahl $1.414 = \sqrt{2}$), alsdann geht die Ellipse über in eine Parabel, eine Kurve, deren beide Zweige sich in der Unendlichkeit verlieren. Ein beim Durchgang durchs Perihel mit dieser Geschwindigkeit, der parabolischen, behafteter Körper kommt zu uns aus dem unendlichen Raum und kehrt wieder in denselben

zurück, er bildete also kein Glied des Sonnensystems und wird auch demselben wieder entführt, wenn nicht durch die störenden Einflüsse der anderen Planeten eine Veränderung der Bahn bewirkt wird. Endlich, wenn die Geschwindigkeit noch größer als der oben betrachtete Grenzwert ist, so erhalten wir die Bewegung

Fig. 3.




Verschiedenartige Bahnen der Himmelskörper.

in einer Hyperbel, einer Kurve, die aus zwei sich ebenfalls im Unendlichen verlierenden Zweigen besteht. War jedoch der ursprüngliche Stoß nicht senkrecht zur Verbindungslinie MS gerichtet, wie in obiger Betrachtung angenommen, so würde die Bahn allerdings kein Kreis, aber doch immerhin ein Kegelschnitt, Ellipse, Parabel oder Hyperbel werden.

Mit Rücksicht auf die Kometen ist nun beobachtet worden, daß bei weitem die Mehrzahl eine der parabolischen sehr nahe kommende Bewegung hat, es ist in den meisten Fällen nicht möglich einen merkbaren Unterschied aufzufinden; manchmal haben sich schwache Andeutungen für eine Überschreitung gefunden, so daß wir auf eine Hyperbel geführt werden würden, in anderen, jedenfalls zahlreicheren Fällen, und hier mehrfach unzweideutig, Zeichen für eine geringere Geschwindigkeit, so daß wir auf eine Ellipse kommen müßten. Man könnte annehmen, daß danach, abgesehen von wenigen Ausnahmen, die Kometen als nicht unserem Sonnensystem angehörig zu betrachten wären und nur zeitweise unser Reich besuchten. Indessen ist, wie man sieht, für die Ellipse ein viel größerer Spielraum in der Geschwindigkeit gelassen, als für die Bewegung in der Parabel; letztere fordert eine ganz bestimmte Größe der Geschwindigkeit, die geringste Verzögerung wird sofort die Bahn in eine Ellipse umwandeln und so ist andererseits nicht unwahrscheinlich, daß die Kometen aus dem unendlichen Raum zu uns kommend, durch irgend welche Einflüsse in ihrer Bewegung eine Verzögerung erfahren und nunmehr Ellipsen beschreiben, also unserem Sonnensystem dauernd angehören. In der Praxis wird allerdings nur in wenigen Fällen diese Umwandlung sich konstatieren lassen; die Ellipsen werden sich als sehr langgestreckte Bahnen darstellen, deren Umlaufszeit nach Hunderten und Tausenden von Jahren zählt, so daß der Bogen der Sichtbarkeit, wie schon angeführt, ebenso gut durch eine Parabel als durch eine Ellipse dargestellt werden kann.

---

## II. Über die Kometen.

### 1. Äußere Merkmale. Kometensuchen. Kopf, Kern, Schweif.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über die Bewegungen der Kometen werde ich dazu übergehen, über die Erscheinungen selbst nähere Mitteilungen zu machen.

Im gewöhnlichen Leben versteht man unter einem Kometen, wie schon der Name „Haarstern“ andeutet, ein mit einem Schweif versehenes Gestirn. Derartige Erscheinungen waren nun zwar in den letzten Jahren wieder ziemlich häufig, aber im allgemeinen gehören sie zu den Seltenheiten, und unsere Kenntnisse über die Natur, das Wesen der Kometen würden noch lange nicht auf ihren jetzigen Standpunkt gekommen sein, wenn wir auch in der Astronomie die Grenze nicht weiter ziehen wollten. Bei weitem die meisten der von uns beobachteten Kometen werden dem bloßen Auge gar nicht sichtbar, sie sind teleskopisch und bestehen aus einer Nebelhülle, die man bei den größeren Kometen, denen noch andere Bestandteile eigen sind, den Kopf nennt Ein solcher teleskopischer Komet gleicht äußerlich in vielen Fällen ganz und gar einem sogenannten Nebelfleck und unterscheidet sich von diesem nur durch die im Laufe einiger Zeit wahrgenommene Bewegung. Wenn man z. B. nach einem Kometen suchen will, so muß man sich zunächst mit den Nebelflecken vertraut machen, welche in einem mäßigen Fernrohr erkennbar sind, man würde sonst oft durch ein solches Objekt irre geleitet werden und viele Zeit nutzlos mit der genauen Ortsbestimmung, die zur Ermittelung der Bewegung führt, verlieren.

Manche Leser dürfte es interessieren, über das „Kometensuchen“ einiges Nähere zu erfahren. Man verwendet besonders konstruierte Fernröhre zu diesem Zweck, Fernröhre, welche bei möglichster optischer Kraft eine nur geringe Vergrößerung geben. Erstens hat die letzte Eigenschaft den Vorteil, daß ein größerer Teil des Himmels im Gesichtsfeld erscheint und daher mit Schnelligkeit eine größere Region durchmustert wird als bei Anwendung stark vergrößernder Gläser, sodann erscheint aber ein nebliges Objekt heller, wenn es nicht zu sehr durch die Stärke des Fernrohrs auseinander gezogen wird. Wenn es nicht darauf ankommt, die Vorgänge insbesondere an lichtstarken Kometen im Innern zu prüfen, sondern nur den Ort am Himmel zu bestimmen, so werden aus diesem Grunde auch gewöhnlich die

schwächsten Okulare an den großen Instrumenten angewandt. Das Suchen geschieht nun in der Weise, daß man auf beliebige Gegenden des Himmels das Fernrohr richtet und dann prüft, ob sich dort etwa ein nebliges Objekt befindet, welches nicht zu den bekannten Nebeln gehört; man geht in dieser Durchmusterung schrittweise weiter, indem man das Fernrohr langsam in gleicher Richtung fortbewegt und jedesmal die neu eintretenden Sterngruppen auf Nebulosität untersucht. Es ist also eine Anleitung für das Auffinden neuer Kometen nicht zu geben, und es gehört besondere Ausdauer und scharfes Auge — nebst Glück zur erfolgreichen Jagd. Erst nach vielen Versuchen wird das Auge sich an die Erkennung schwacher Nebel gewöhnen, oft erscheint ein Komet dem geübten Beobachter hell, so daß er ihn auf den ersten Blick erkennt, wogegen der Neuling bei größter Anstrengung noch nichts zu sehen vermag. In einiger Hinsicht läßt sich ein Fingerzeig für die größere Wahrscheinlichkeit eines Erfolgs geben. Die Kometen werden uns sichtbar, wenn sie sich der Sonne nähern oder ihr bereits nahe sind, je geringer die Tiefe der Sonne unter dem Horizont ist, um so mehr ist von dem Raum, in dem die uns sichtbar werdenden Kometen erscheinen, über dem Horizont. Man wird daher möglichst bald nach Sonnenuntergang und dann am Westhimmel, oder vor Sonnenaufgang und dann am Osthimmel am erfolgreichsten suchen; ferner in den Sommernächten auch am nördlichen Himmel. Selbstverständlich darf man aber, besonders mit Rücksicht auf die schwächeren Kometen, nicht erwarten, sie in den dämmerungshellen Gegenden, oder in Mondscheinnächten, bei leicht bewölktem Himmel zu finden. Jeder, der Kometen — auch die größten — in mondscheinlosen und dann in mondscheinhellen Nächten gesehen hat, wird wissen, wie ungeheuer die Helligkeit in letzteren vermindert wurde, und wer diese Probe noch nicht an Kometen machen konnte, der kann sie stets an der Helligkeit der Milchstraße anstellen. Da es sich nun nicht selten getroffen hat, daß ein und derselbe Komet gleichzeitig von verschiedenen

Astronomen aufgefunden worden ist, dabei aber eine genaue sorgfältige Durchmusterung des ganzen Himmels in allen klaren Nächten von vielen anderen Arbeiten abziehen würde, endlich mit besonderer Rücksicht darauf, daß möglichst wenige Kometen unbeobachtet bleiben sollten, ist von amerikanischer Seite angeregt worden, daß mehrere Astronomen sich in den Himmel teilen, so daß jedem der Beteiligten ein bestimmter Gürtel zur regelmäßigen Durchmusterung zufällt. Diese Teilung der Arbeit hat sich auch hier von Nutzen gezeigt.

Die Zahl der Kometenentdeckungen verschiedener Astronomen ist sehr ungleich. Mancher der berühmtesten Männer hat niemals einen Kometen gefunden, sei es, daß ihm das Glück nicht günstig war, sei es — und das ist der triftigere Grund —, daß er mit Rücksicht auf andere Arbeiten sich nicht mit dem Kometensuchen abgeben konnte. Wer einen Einblick in die oft viele Jahre regelmäßiger Thätigkeit erfordernden Untersuchungen der Astronomen auf ihrer Sternwarte gethan hat, wird ohne weiteres erkennen, daß die Aufsuchung von Kometen in solchen Fällen mit einem entschiedenen Nachteil für die Wissenschaft verbunden gewesen wäre. Dies sagen wir natürlich nicht, um die unermüdliche Thätigkeit derer, welche sich mit Kometensuchen beschäftigen, im geringsten herabzuwürdigen, sondern nur, um die Meinung, die so vielfach im Volke verbreitet ist, daß die Tüchtigkeit eines Astronomen nach der Zahl seiner Kometenentdeckungen abzuschätzen sei, zu korrigieren. Ebenso wenig steigert sich die Bedeutung des Entdeckers mit der Größe des gefundenen Objekts. Unter den Astronomen der Neuzeit sind die meisten Entdeckungen Bruhns, Donati, Hind, Klinkerfues, Tempel, Tuttle, Winnecke u. a. gelungen, und es verdient Erwähnung, daß zu verschiedenen Zeiten von Regierungen (Dänemark), Akademieen (Wien) und aus privaten Mitteln (Amerika) Medaillen oder Preise auf die Entdeckung gesetzt worden sind.

Nach dieser kurzen Abschweifung über die Entdeckung der Kometen kehren wir zu der Besprechung der äußeren Gestalt zurück.

Die helleren Kometen haben wenigstens drei wesentliche Bestandteile, außer dem Kopf noch den Kern und den Schweif. Die Größe des Kopfes, den alle Kometen haben, ist sehr verschieden; überhaupt ist es nicht möglich, über die Formen dieser 3 Teile eine bestimmte Regel aufzustellen. Der Kopf ist oft sehr klein, oft ziemlich groß, scheinbar erreicht er doch kaum je die Größe des Mondes. Bei den beträchtlichen Entfernungen indessen, in denen sich die Kometen von der Erde befinden, stellt sich doch oft eine recht ansehnliche wahre Größe heraus. So ergiebt sich für den Kometen des Jahres 1811, der seines Glanzes wegen zu den berühmtesten gehört, der Kopf mit einem Durchmesser von 2 000 000 km, der Halleysche Komet (1835) hatte einen Kopf von 600 000 km, der V. Komet des Jahres 1847 dagegen nur 30 000 km, was immerhin noch mehr als doppelt so groß als der Durchmesser der Erde ist. Wenn sich die Kometen der Sonne nähern, so hat sich nicht selten eine Verminderung des Kopfes gezeigt. An einem sehr interessanten Kometen, der später noch zu näherer Besprechung Veranlassung geben wird, dem Enkeschen Kometen, liegen Messungen aus verschiedenen Erscheinungen vor. Dieser Komet ist nämlich, wie hier vorausgeschickt werden muß, schon sehr häufig beobachtet worden, da er mit einer Umlaufszeit von beiläufig $3^1/_2$ Jahren immer wiederkehrt. Wir geben nun hier nur die Messungen, wie sie sich in den Jahren 1828 und 1838 ergeben haben, wo die Sichtbarkeitsverhältnisse des Kometen fast die gleichen waren. Wenn man die Entfernung der Erde von der Sonne 1 nennt, so fand sich an folgenden Tagen:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1828 Okt. | 28 | bei Entfern. | 1,46 | der Durchm. | des | Kopfes | | 488 000 km | | | |
| Nov. | 7 | „ | „ | 1.32 | „ | „ | „ | „ | 398000 | „ | |
| | 30 | „ | „ | 0.97 | „ | „ | „ | „ | 180000 | „ | |
| Dez. | 7 | „ | „ | 0.85 | „ | „ | „ | „ | 120000 | „ | |
| | 14 | „ | „ | 0.73 | „ | „ | „ | „ | 67000 | „ | |
| | 24 | „ | „ | 0.54 | „ | „ | „ | „ | 19000 | „ | |

und in ähnlicher Weise:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1838 Okt. | 9 bei Entfern. | 1.42 | der Durchm. | des | Kopfes | 420000 km |
| | 25 „ | „ 1.19 | „ | „ | „ | 180000 „ |
| Nov. | 6 „ | „ 1.00 | „ | „ | „ | 120000 „ |
| | 16 „ | „ 0.83 | „ | „ | „ | 94000 „ |
| | 24 „ | „ 0.69 | „ | „ | „ | 45000 „ |
| Dez. | 17 „ | „ 0.34 | „ | „ | „ | 4500 „ |

Die Abnahme ist sehr auffällig. Allerdings darf in diesen Zahlen nicht der wirkliche Betrag der Verringerung des Durchmessers des Kopfes gesehen werden. Ein Teil der Abnahme wird in den Sichtbarkeitsverhältnissen liegen. Der Enkesche Komet ist, wie die meisten Nebelflecke überhaupt, eine an den Rändern verschwommene Masse, die Schwierigkeiten bei den Messungen der Größe sind daher sehr beträchtlich. Dazu tritt aber noch der wohl zu beachtende Umstand, daß, wenn sich der Komet der Sonne nähert und ihr näher kommt als die Venus und der Merkur, wir ihn dann nicht auf dem dunklen Himmelsgrund beobachten, sondern nur noch in ziemlich heller Dämmerung. Manche Partieen der Nebelmaterie, die sich noch auf dem Nachthimmel deutlich abheben, werden dann auch der schärfsten Beobachtung entgehen. Immerhin wird aber doch diese Abnahme in den obigen Messungen nicht vollständig auf Rechnung jener Umstände zu setzen sein und ein reeller Teil noch übrig bleiben.

Oft wird der Kopf des Kometen nach innen zu heller, ohne daß er gerade dabei eine bestimmte Gestalt oder Form annimmt, andere Male bleibt er gleichmäßig hell, seine Umrisse sind regelmäßig, er ist kreisrund, dann auch wieder länglich oder ganz unbestimmt. In allen diesen Fällen ist ein Kern nicht wahrnehmbar und die Beobachtung kann sich nur auf den hellsten Teil oder das Zentrum des Nebelflecks beziehen. Nun aber kommen Kometen vor, in denen sich der Kopf mehr und mehr nach innen zu verdichtet und wo dann ein konzentrierter Lichtpunkt erscheint. Dieser wird als Kern bezeichnet. Über seine Lage im Kopf kann ebenfalls eine Regel nicht angegeben werden, es giebt Beispiele, wo er genau im Zentrum des Kopfes, dann wieder, wo

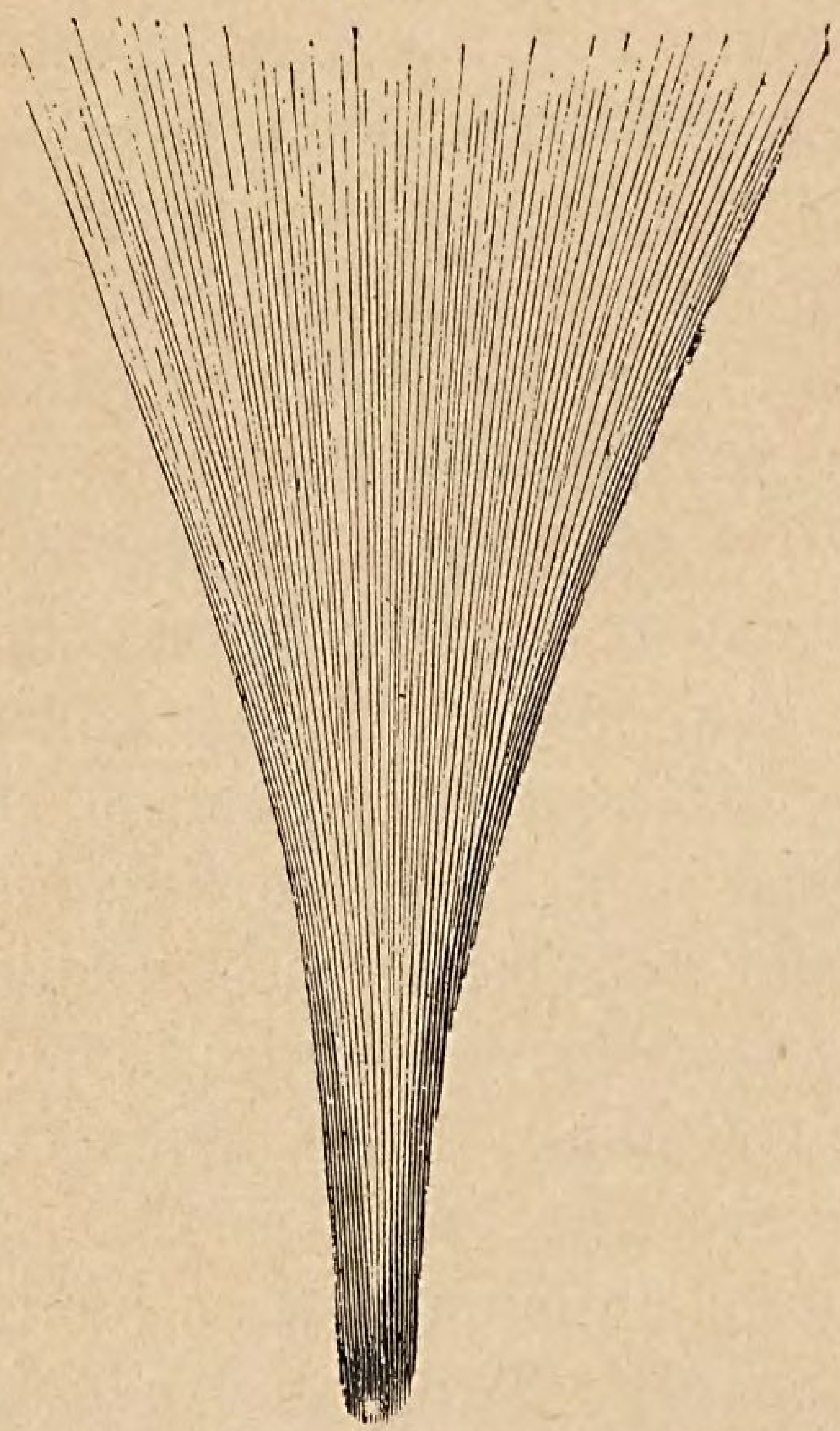
er excentrisch liegt, manchmal hat derselbe Kopf zwei und mehrere Kerne oder wenigstens kernartige Verdichtungen; die Kerne entstehen auch wohl im Laufe der Periode, während welcher der Komet beobachtet wird, teilen sich dann in zwei oder mehr Teile, wie dies besonders auffallend am letzten großen Kometen 1882 wahrgenommen werden konnte. Es werden vollkommen kreisrunde Scheibchen, dann auch wieder halbkreisförmige Kerne im Kopf gesehen. Auch Helligkeit und Größe ist außerordentlich verschieden. Bei einigen Kometen ist der Kern mit bloßem Auge am hellen Tage gesehen, so in diesem Jahrhundert bereits mehrfach, 1843, 1853, besonders deutlich 1882. Der Kern des Kometen von 1811 hatte einen Durchmesser von 4000 km, der große Komet von 1858 hatte einen viel kleineren Kern, der Durchmesser betrug nur 1000 km, und der des Kerns des Kometen von 1798 gar nur 300 km. Namentlich in der neueren Zeit, wo es möglich geworden ist, auf die helleren Teile der Kometen auch starke optische Hilfsmittel zur Beobachtung anzuwenden, haben sich die merkwürdigsten Vorgänge am Kopf und Kern gezeigt; Abstoßungen von Kometenmaterie, Ausströmungen eigenster Art und größte Mannigfaltigkeit. Wir werden auf diese noch an anderer Stelle näher eingehen.

Die für das bloße Auge und auch in physischer Beziehung auffallendsten Erscheinungen an den Kometen sind unzweifelhaft die Schweife, die aber, wie erwähnt, lange nicht bei allen diesen Himmelskörpern sichtbar sind; ja es sind relativ wenige, aus deren Nebelhülle sich im Lauf der Sichtbarkeitsperiode der Schweif entwickelt. In der Regel zeigen aber die helleren Kometen auch Schweife, sie entstehen indessen erst nach und nach, und zwar mit zunehmender Annäherung an die Sonne. Es beginnt dann gewöhnlich zuerst eine Verlängerung des Kometen, und zwar nach der der Sonne entgegengesetzten Seite, die größer und größer wird. Manchmal entsteht langsam, andere Male mit rapider Schnelligkeit der Schweif in einer Ausdehnung, welche alle Begriffe übersteigt. Ein Komet, den Longomontan 1618 beobachtete,

hatte einen Schweif von 104 Grad Länge, der Komet 1811 zeigte einen Schweif von 90 Grad, der 1843 einen solchen von 65 Grad, der 1858 einen solchen von 60 Grad und der Komet 1861 hatte einen Schweif von 120 Grad Länge. In letzterem Falle erstreckte sich der Schweif noch lange, nachdem der Komet selbst schon untergegangen war, über das Zenith des Beobachtungsorts hinaus. Mit der größten Helligkeit des Kopfes resp. Kernes ist nun aber durchaus nicht die größte Ausdehnung des Schweifes verbunden. Der Komet des Jahres 1882 z. B. ist jedenfalls einer der hellsten, wenn nicht der hellste aller Zeiten, aus denen uns beglaubigte Nachrichten über Kometenbeobachtungen vorliegen, und doch hatte der Schweif selbst zur Zeit seiner größten Ausdehnung lange nicht die gleiche Dimension als der des Kometen 1861. Die hier angegebenen Winkelgrößen der Kometenschweife nehmen geradezu unglaubliche Werte an, wenn man unter Benutzung der anderweitig ermittelten Entfernung ihre wahre Länge berechnet. Es ergiebt sich danach für den Kometen von 1811 eine Länge von 110 Millionen km; der Schweif des Kometen 1843 war noch viel länger, nämlich 250 Millionen km, die Schweife der schönen Kometen 1858, 1861 waren 80 und 35 Millionen km lang. Wenn wir daran erinnern, daß die Entfernung der Erde von der Sonne etwa $148^1/_2$ Millionen km beträgt, so folgt also aus obigen Zahlen, daß der Schweif von 1843 noch um 100 Millionen km diese Entfernung übertraf, also eine Länge hatte, die ungefähr der Entfernung des Mars von der Sonne gleich kommt. Da nun auch die Breite oft nicht gering ist, so ergiebt sich, welche kolossalen Räume mit der Schweifmaterie angefüllt sein müssen, und wenn wir bedenken, daß oft bei Annäherung an die Sonne die Zeit weniger Tage, ja selbst weniger Stunden genügt, um dem Schweife diese riesigen Ausdehnungen zu geben, so schwindet vollends für uns die Vorstellung sowohl der Art des Stoffes als auch der Kraft, welche diese Vorgänge bewirkt. Da die Schweife im allgemeinen von der Sonne abgewandt sind, so folgt hieraus not-

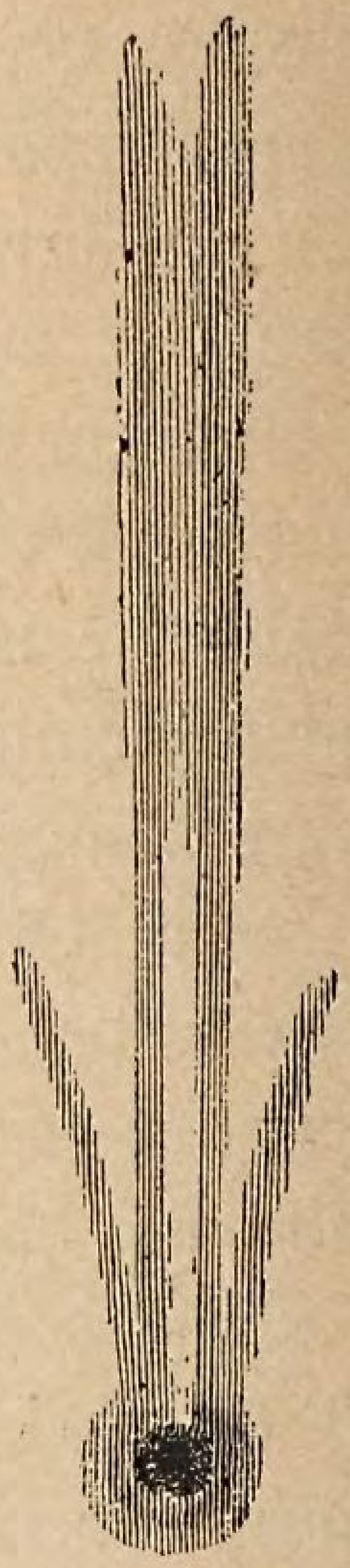
wendig bei dem Durchgang durchs Perihel für die entfernten Teile eine fabelhafte Geschwindigkeit, und da in der That mehrfach beobachtet worden ist, daß die großen sonnennahen Kometen, 1811 u. a., in wenigen Stunden einen enormen Bogen beschrieben, dabei ihren Schweif in der der Sonne stets abgewandten Richtung herumschwangen, so ist die Annahme vollkommen unzu-

Fig. 4.



Komet 1811.

Fig. 5.

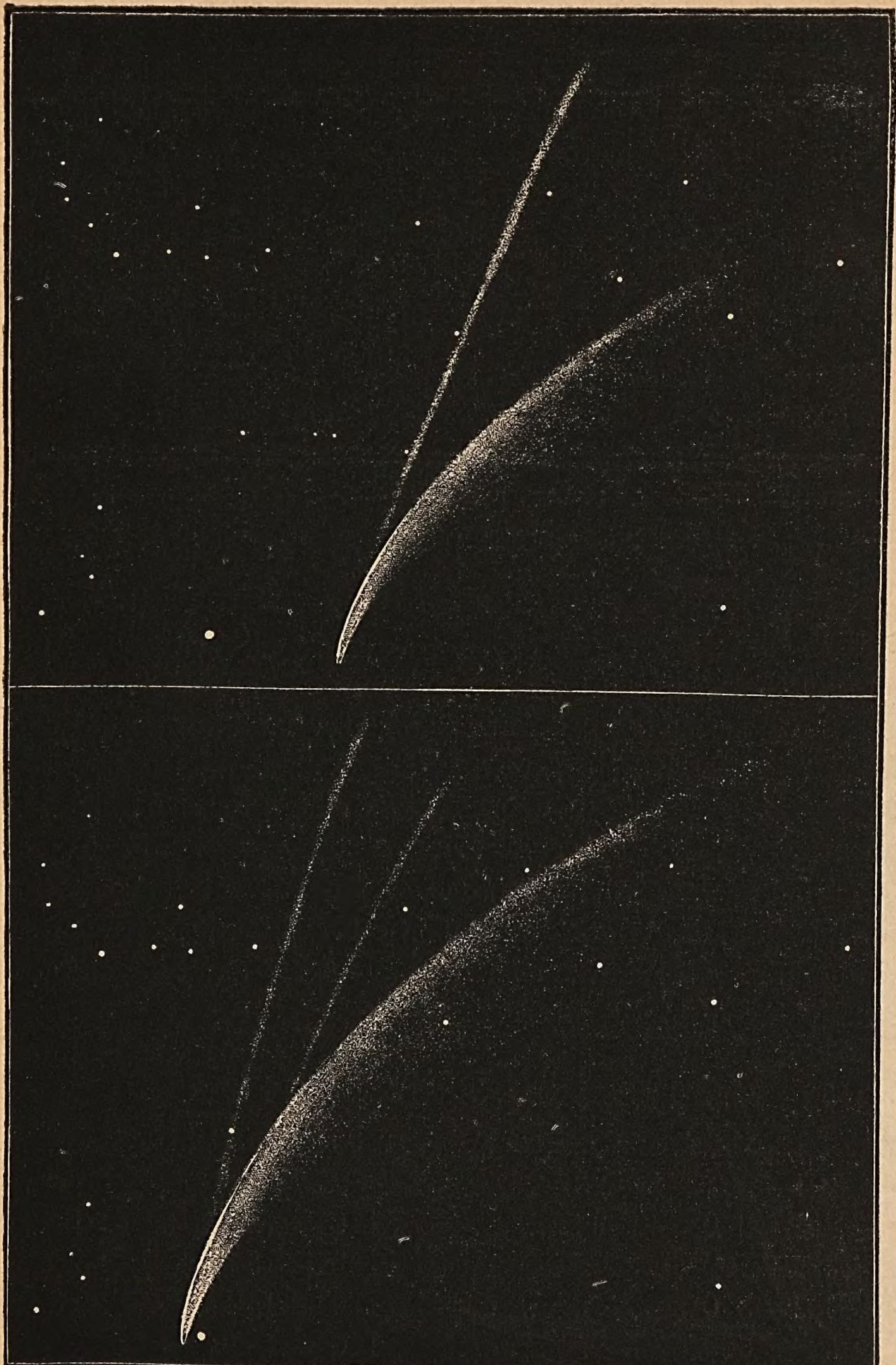


Komet 1769. (Messier.)

lässig, daß der Schweif in fester Verbindung mit dem Kern steht. Die Materie muß sehr fein, die Anordnung eine außerordentlich lockere sein, was auch schon dadurch bewiesen wird, daß Sterne mit vollkommen ungeschwächtem Licht durch die Schweife hindurchscheinen.

Die Formen der Schweife zeigen die größte Verschiedenheit. Bei einigen gehen die Ränder fast geradlinig fort, bei anderen sind sie gekrümmt, bald nach der einen, bald nach entgegengesetzten Seiten. Auch sind zu Zeiten zwei und mehr Schweife

Fig. 6.



Donatis Komet vom Jahre 1858.

beobachtet worden, z. B. der Komet 1858 hatte außer dem mächtigen Hauptschweif noch zwei Nebenschweife, beide sehr schmal, die sich fast geradlinig ausdehnten, wogegen der Hauptschweif merkbar gekrümmt war. Ein schwacher Komet des Jahres 1877, der nur kurze Zeit dem bloßen Auge sichtbar war, zeigte ebenfalls einen größeren und einen kleineren Schweif, und letzterer stand fast senkrecht auf dem ersteren, beide waren durch eine fächerförmige Lichtausbreitung verbunden. Das interessanteste Phänomen hat in dieser Beziehung unstreitig der Komet des Jahres 1744 geboten, der nach den Berichten von Chéseaux und de l'Isle wenigstens 8 Schweife hatte. — Siehe Fig. 4—7.

## 2. Zahl der Kometen. Periodische und nichtperiodische Kometen.

Die Zahl der Kometen ist jedenfalls außerordentlich groß, und Kepler hat mit seiner Vergleichung „zahllos wie die Fische im Meer" gewiß ein annähernd richtiges Bild gegeben. Diejenigen Kometen indessen, die uns bisher in historischen Zeiten sichtbar geworden sind, scheinen zunächst nicht auf eine so große Menge zu deuten. In folgender Tabelle geben wir die Zahl der Kometen, welche dem bloßen Auge sichtbar wurden; dabei beruhen die Angaben bis zum Ende des 15. Jahrhunderts fast ausschließlich auf den Berichten chinesischer Chronisten, speziell des Matuanlin. Bei weitem die Mehrzahl wurde auf der nördlichen Hemisphäre wahrgenommen.

Vor unserer Zeitrechnung, und zwar von 612 bis 0, finden sich 53 Kometen verzeichnet, seitdem

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 1—100 n. Chr. | 22 | Kom. | | v. 901 – 1000 n. Chr. | 26 | Kom. |
| 101—200 | 23 | „ | | 1001—1100 | 36 | „ |
| 201—300 | 44 | „ | | 1101—1200 | 26 | „ |
| 301—400 | 27 | „ | | 1201—1300 | 26 | „ |
| 401—500 | 16 | „ | | 1301—1400 | 29 | „ |
| 501 - 600 | 25 | „ | | 1401—1500 | 27 | „ |
| 601—700 | 22 | „ | | 1501—1600 | 31 | „ |

Fig. 7.



Komet aus dem Jahre 1744.

| | | | |
|---|---|---|---|
| von 701—800 n. Chr. | 16 Kom. | von 1601—1700 n. Chr. | 12 Kom. |
| 801—900 | 42 „ | 1701—1800 | 36 „ |
| | | 1801—1882 | 20 „ |

in runder Summe haben wir also seit Chr. Geb. etwa 500 Kometen, die mit bloßem Auge sichtbar waren; zu diesen kommen nun noch seit Erfindung des Fernrohrs etwa 200 teleskopische, deren große Mehrzahl, ca. 160, auf das gegenwärtige Jahrhundert kommt. Wir würden also etwa alle 4 Jahre einen Kometen für das bloße Auge zu erwarten haben, wogegen die Zahl der überhaupt unserer Beobachtung zugänglichen im Mittel auf jährlich 2 veranschlagt werden kann. Wenn wir nun von der Zahl der beobachteten Kometen auf die Zahl der vorhandenen schließen wollen, so kommen wir je nach der der Schätzung zu Grunde gelegten Hypothese auf verschiedene Werte, in jedem Fall aber auf eine außerordentlich große Zahl. Wenn in jedem Jahre mit gleichem Eifer und unter Anwendung des Fernrohrs nach Kometen gesucht worden wäre, so wie es in unseren Tagen geschieht so würden wir seit Beginn unserer Zeitrechnung schon an 3800 Kometen kennen müssen; diese Zahl wird noch eine Vergrößerung erfahren, da sich herausgestellt hat, daß die Mehrzahl in den Wintermonaten gefunden und außerdem die Zahl der Sternwarten und der Astronomen, die sich mit dem Suchen abgeben können, auf der nördlichen Hemisphäre größer als auf der südlichen ist. Es liegt aber absolut kein Grund zu der Annahme vor, daß die Kometen in ihrer wirklichen Zahl einer solchen Verteilung entsprechen sollten. Um daher die wahre Anzahl der für uns zu beobachtenden Kometen seit dem Anfange unserer Zeitrechnung zu erhalten, dürfen wir obige getrost um einige Hundert vermehren. Aber was bedeuten 2000 Jahre in der Existenz des Sonnensystems, sie bilden einen fast verschwindenden Zeitmoment, und nichts berechtigt uns zu der Ansicht, daß in den früheren vorhistorischen Zeiten weniger Kometen zu uns gekommen seien als in den gegenwärtigen. Hierbei dürfen wir nun nicht außer acht lassen, daß die Kometen uns erst dann sichtbar

werden, wenn sie der Erde und Sonne nahe sind, nur sehr vereinzelt sind Kometen beobachtet worden, deren Periheldistanz der doppelten Entfernung Erde — Sonne gleichkam. Aber auch das dürfen wir nicht annehmen, daß in größeren Entfernungen überhaupt weniger Kometen existierten. So werden wir jedenfalls für die schon erschienenen Kometen eine ganz ungeheuere Zahl erhalten, die sich aber doch nicht abschätzen läßt, da sie von der Zeit abhängig ist, die wir für den Bestand des Sonnensystems setzen wollen.

Die Frage nach der Zahl der Kometen hat indessen ihren besonderen Reiz, und Lambert und Arago haben sie auf andere Weise zu beantworten versucht. Zur Zeit Lamberts waren 6 Kometen bekannt, deren Perihelien zwischen Sonne und Merkur lagen, 12 zwischen Venus und Merkur u. s. w., und Lambert nahm als Ausgangshypothese die gleichmäßige Verteilung der Kometen im Raume an. Die Zunahme der Kometen setzte er mit Rücksicht auf gewisse einschränkende Bedingungen, die er für nötig hielt, proportional dem Quadrat der Entfernungen, anstatt, wie man sonst wohl erwarten sollte, dem Kubus der Entfernungen von der Sonne. Die Zahlen der 6 und 18 entsprechen auch diesem Verhältnis, da sich die Quadrate der Entfernungen des Merkur und der Venus wie 1 zu 3 verhalten. Als Anfangswert für die Entfernung nahm Lambert den Kometen des Jahres 1680, dessen Perihel mehr als 60mal der Sonne näher war, als der Merkur, daher mußten innerhalb der Merkursphäre $60 \times 60 = 3600$ Kometenperihelien sein, und wenn er hiernach auf die Saturnssphäre überging, deren Halbmesser 24mal größer als der der Merkursbahn ist, so müßte, um die Zahl der innerhalb der Saturnsbahn sich bewegenden Kometen zu erhalten, jene Zahl mit $24 \times 24$ oder rund 600 multipliziert werden. Er fand daher, daß über 2 Millionen Kometen existieren müßten, deren Perihelien innerhalb der Saturnsbahn liegen. Dieser Wert vergrößert sich noch, wenn wir dasselbe Räsonnement auf die gegenwärtig bekannten Kometenbahnen anwenden wollten,

wir haben nämlich jetzt 4 Kometen von nahe gleicher Periheldistanz als der Komet 1680, und außerdem kennen wir als äußersten Planeten des Sonnensystems den Neptun; innerhalb der Neptunsbahn müßten denn etwa 100 Millionen Kometen sich befinden. Arago verfuhr bei seiner Schätzung ähnlich, jedoch nahm er nach dem neueren Standpunkt auf die einschränkenden Bedingungen Lamberts keine Rücksicht und legte die der dritten Potenz der Entfernung folgende Zunahme der Kometen zu Grunde. Damals waren 37 Kometen bekannt, deren Perihelien innerhalb der Merkursbahn lagen, und so erhielt er für die Zahl der innerhalb der Neptunsbahn sich befindenden Kometen nahe an 20 Millionen, also ebenfalls eine sehr große Zahl. Natürlich sind alle diese Werte nur Schätzungen, aber wir dürfen annehmen, daß sie doch nur untere Grenzen ausdrücken, daß die Zahl der wirklich vorhandenen und in unser System eindringenden Kometen eher größer als kleiner ist. Denn die unserer Berechnung zu Grunde gelegten Zahlen beruhen ja nur auf den Beobachtungen der letzten historischen Zeiten und sind also jedenfalls viel zu gering.

Es ist übrigens wohl möglich, daß sich im Laufe der Zeiten die Annahme der gleichmäßigen Verteilung im Raume als nicht der Wahrheit entsprechend zeigen wird. Die obige Übersicht der dem bloßen Auge sichtbar gewordenen Kometen läßt nämlich bemerkenswerte Schwankungen erkennen, die sich in dem Zeitraum von 100—200 Jahren sonst doch ausgleichen müßten. Diese Erscheinung tritt auch unter Mitberücksichtigung der teleskopischen Kometen hervor. Manches Jahr hat sehr viele neue Kometen gebracht, andere weniger; besonders arm an Kometen waren die Jahre 1843—44, 1856, 1865—66, 1875—77, und es lag zwischen der Periheldurchgangszeit vom letzten Kometen 1843 und dem ersten 1844 ein Zeitraum von 17 Monaten, zwischen dem letzten 1855 und dem nächstfolgenden (1857) ein Zeitraum von 16 Monaten, zwischen 1865 und dem nächsten 1867 ein solcher von 24 Monaten, zwischen 1874 und dem nächsten 1877 sogar einer von 27 Monaten, dem gegenüber stehen Jahre wie

1846 mit 7, 1847 mit 6, 1863 mit 6 Kometen u. s. w., wobei die periodisch wiederkehrenden unberücksichtigt blieben. Ob sich nun wirklich aus solchen Zahlen später irgend welche Gesetzmäßigkeit wird ableiten lassen, bleibt natürlich dahingestellt. Der von mancher Seite vermutete Zusammenhang mit der Periode der Sonnenflecken scheint mindestens sehr zweifelhaft zu sein.

Es ist an anderer Stelle erwähnt worden, daß die Mehrzahl der Kometenbahnen eine Parabel ergeben hat. Wenn wir das am Ende dieses Buches gegebene Verzeichnis der Kometenbahnen näher zu Rate ziehen, so finden wir, daß unter etwa 300 verschiedenen Kometen

220 parabolische Bahnen
70 elliptische „
6 hyperbolische „

als die wahrscheinlichsten berechnet worden sind. Wollten wir annehmen, daß die Parabel sich nur als eine Näherung in der Rechnung ergeben hat, daß in Wahrheit alle Kometen sich in elliptischen oder hyperbolischen Bahnen bewegten, so würde nach dem obigen Verhältnis der elliptischen zu den hyperbolischen die Zahl der 220 parabolischen zu verteilen sein, und wir kämen zu dem Resultat, daß ungefähr 270 periodische Kometen und 25 Kometen, die dem Sonnensystem nicht angehören, unter den seither beobachteten und berechneten existierten.

Unter den hier als elliptisch aufgeführten Kometenbahnen sind nun aber solche, welche Umlaufszeiten ergeben von sehr langer Dauer und nur wenige (12), deren Wiederkehr wirklich beobachtet worden ist. Wir wollen hier eine Übersicht der periodischen Kometen geben, indem wir nach den Umlaufszeiten ordnen:*)

---

*) Für die Entfernungen ist als Einheit die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne genommen, so daß man diese Zahlen mit 148½ Millionen multiplizieren muß, um die Entfernungen im Kilometermaß ausgedrückt zu erhalten.

| Bezeichnung des Kometen | Umlaufszeit | Kleinste Entfernung von | Größte der Sonne |
|---|---|---|---|
| Encke | 3.29 Jahre | 0.333 | 4.09 |
| Tempel (1873) | 5.20 | 1.34 | 4.66 |
| Brorsen | 5.46 | 0.59 | 5.61 |
| Winnecke | 5.73 | 0.83 | 5.57 |
| Tempel (1867) | 5.98 | 1.77 | 4.82 |
| Tempel (1869) | 5.99 | 0.74 | 5.53 |
| d'Arrest | 6.64 | 1.32 | 5.76 |
| Biela I | 6.59 | 0.86 | 6.17 |
| Biela II | 6.63 | 0.86 | 6.20 |
| Faye | 7.44 | 1.74 | 5.97 |
| Denning | 8.83 | 0.72 | 7.83 |
| Tuttle | 13.81 | 1.03 | 10.48 |
| 1866 I | 33.2 | 0.98 | 19.68 |
| 1852 II | 61 | 1.25 | 29.61 |
| 1812 | 71 | 0.78 | 33.40 |
| 1846 III | 73 | 0.66 | 34.40 |
| 1815 | 74 | 1.21 | 34.10 |
| 1847 V | 75 | 0.49 | 35.10 |
| Halley | 76.37 | 0.59 | 35.41 |
| 1862 III | 120 | 1.01 | 48.70 |
| 1532 | 129 | 0.61 | 48.05 |
| 1853 I | 188 | 1.03 | 65.02 |
| 1683 | 190 | 0.55 | 65.50 |
| 1845 III | 249 | 0.40 | 78.38 |
| 1556 | 292 | 0.50 | 87.53 |
| 1840 IV | 344 | 1.48 | 96.76 |
| 1843 I | 376 | 0.01 | 104.28 |
| 1846 VI | 401 | 0.63 | 108.21 |
| 1861 I | 415 | 0.92 | 110.40 |
| 1861 II | 422 | 0.82 | 111.70 |
| 1793 II | 422 | 1.49 | 111.03 |
| 1746 | 515 | 0.95 | 127.55 |

| Bezeichnung des Kometen | Umlaufszeit | Kleinste Entfernung von | Größte der Sonne. |
|---|---|---|---|
| 1840 III | 743 Jahre | 0.74 | 163.20 |
| 1882 II | 843 | 0.01 | 178.47 |
| 1811 II | 875 | 1.58 | 181.44 |
| 1860 III | 1000 | 0.29 | 211.30 |
| 1807 | 1714 | 0.65 | 286.07 |
| 1658 III | 1950 | 0.58 | 311.40 |
| 1769 | 2090 | 0.12 | 326.80 |
| 1827 III | 2611 | 0.14 | 379.10 |
| 1846 I | 2721 | 1.48 | 388.32 |
| 1811 I | 3065 | 1.03 | 421.02 |
| 1763 | 3196 | 0.50 | 434.32 |
| 1825 III | 4386 | 1.24 | 534.64 |
| 1864 II | 4738 | 0.91 | 563.30 |
| 1822 III | 5649 | 1.14 | 618.15 |
| 1849 III | 8375 | 0.89 | 812.73 |
| 1680 | 8813 | 0.01 | 855.28 |
| 1840 II | 13866 | 1.22 | 1053.00 |
| 1847 IV | 43954 | 1.77 | 2489.03 |
| 1780 I | 75838 | 0.10 | 3974.88 |
| 1844 II | 102050 | 0.85 | 4366.74 |

Kometen, bei denen sich die Umlaufszeit noch größer als zu 100 000 Jahren als das wahrscheinlichste Resultat der Rechnung ergiebt, aufzuführen, hat keinen Zweck, die Bahn ist für uns vollständig einer Parabel gleich. Schon bei den hier gegebenen Zahlen braucht wohl nicht davor gewarnt zu werden, daß der Leser die großen Umlaufszeiten nicht als definitive annimmt; je größer die Periode, um so größer ist auch die Unsicherheit in dem absoluten Wert derselben. Wir haben die Tabelle aber so ausgedehnt, um dem Leser dadurch den Beweis zu liefern, wie Kometen von der kurzen Umlaufszeit von 3½ Jahren bis zur unendlichen Zeit in allen Abstufungen vertreten sind.

Von den hier aufgeführten sind die ersten 10, der Tutt-

lesche, der Halleysche die einzigen, welche in mehr als einer Erscheinung beobachtet, deren Umlaufszeit daher durch die Wiederkehr beglaubigt worden ist. Ein anderer Komet, der des Jahres 1812, wird in dieser Zeit zurückerwartet und hat vielleicht beim Erscheinen des Buches seine Rückkehr bereits vollzogen, er ist ein Seitenstück zu dem Halleyschen Kometen.*)

## 3. Halley's Komet. Lichtausströmungen.

Wir werden nun dazu übergehen, einige der interessantesten Kometen etwas ausführlicher zu besprechen. Es würde den Leser nur ermüden, wenn wir uns über alle Erscheinungen ins Detail verlieren wollten, ja selbst die große Mehrzahl kann nicht eingehend beschrieben werden. Es kommt aber darauf an, den Leser an der Hand der Beobachtung die große Mannigfaltigkeit, die sowohl in der Art der Bewegung als auch in der äußeren Erscheinung gefunden wird, erkennen zu lassen, und hierzu werden wir von den periodischen sowohl als auch den nichtperiodischen die prägnantesten Beispiele auswählen.

Aus den verschiedensten Ursachen gehört der Halleysche Komet zu den interessantesten Kometen, die uns bekannt geworden sind. Bei diesem zeigte sich zuerst, daß auch Kometen sich in elliptischen Bahnen bewegten, und bei ihm wurde zum ersten male auf Grund der strengen Rechnung die Erscheinung eines Kometen vorausgesagt, die Prophezeiung traf ein, obwohl es sich nicht um eine kurze Umlaufszeit wie bei den näheren Planeten handelte, und obwohl nicht durch lang andauernde Beobachtung der Lauf über seine ganze Ausdehnung, oder doch einen beträchtlichen Teil derselben, wie bei den Planeten, hatte verfolgt werden können. Unter günstigen Verhältnissen kann der Mensch wohl zwei Erscheinungen dieses Kometen erleben, aber die bewußte Beobachtung wird wohl in den seltensten Fällen

*) Der Komet des Jahres 1812 ist in der That im September v. J. wieder aufgefunden.

bei der 75—76jährigen Umlaufszeit demselben Astronomen zu teil. Indessen es liegt nicht hierin allein das Interesse, auch seine äußere Erscheinung hat zu allen Zeiten Aufsehen erregt, er gehört zu den großen Kometen und hat dem bloßen Auge prächtigen Anblick gewährt, endlich haben auch die Vorgänge, die sich am Kopf bei seiner Annäherung an die Sonne zeigten und nur mit Hilfe des Fernrohrs verfolgt werden konnten, für die Erkenntnis der Natur der Kometen eine außerordentliche Bedeutung gewonnen.

Halley hatte nach Newtons Methode für eine größere Anzahl Kometen parabolische Bahnen berechnet und aus der Übereinstimmung der Elemente, welche er für die Kometen der Jahre 1682, 1607, 1531 gefunden hatte, auf die Identität dieser Kometen geschlossen und unter Annahme einer 76jährigen Umlaufszeit die abermalige Rückkehr für das Jahr 1758 vorhergesagt. Er schreibt in seiner für die Kometenastronomie ewig denkwürdigen Abhandlung: „Ich bin überzeugt, daß der Komet des Jahres 1531, den Apianus beobachtete, derselbe ist, welcher 1607 erschien und den uns Kepler und Longomontan beschrieben hat, und der, welchen ich selbst 1682 gesehen und sorgfältig beobachtet habe; denn alle Elemente ihrer Bewegung sind die gleichen und es giebt keinen beträchtlichen Unterschied in der Zeit des Umlaufs; derselbe kann übrigens leicht erklärt und durch verschiedene physische Ursachen hervorgebracht worden sein. Wir haben ein fast ähnliches Beispiel am Saturn, dessen Umlaufszeit durch die anderen Planeten und besonders durch den Jupiter so verändert wird, daß wir niemals auf einige Tage genau die Periode bestimmen können. Wie viel mehr kann die Bewegung eines Kometen verändert werden, der sich viermal weiter als Saturn entfernt, dessen Geschwindigkeit nur wenig verändert zu werden braucht, um für seine Ellipse eine ganz andere Krümmung zu erhalten und dieselbe der Parabel ähnlich zu machen. Was mich noch mehr in diesem Gefühl bestärkt, ist, daß es mir scheint, derselbe sei 1456 auch beobachtet. Man sah denselben im Sommer

mit retrograder Bewegung und ungefähr in gleicher Weise zwischen Erde und Sonne hindurchgehen. Wenn wir auch keine genauen Beobachtungen von diesem Mal haben, so kann ich doch bei Vergleichung seines Weges und seiner Umlaufszeit kaum zweifeln, daß es nicht derselbe Komet wie 1531, 1607, 1682 war, so daß ich mit ziemlicher Sicherheit seine Rückkehr für 1758 ankündigen kann, und wenn die Prophezeiung eintrifft und der Komet wirklich wiederkommt, so scheint mir auch nicht im geringsten zweifelhaft, daß die anderen Kometen schließlich in ähnlicher Weise zurückkehren werden."

Kurze Zeit nur wurde Halleys Vertrauen erschüttert, als er bei näherer Untersuchung eine sehr große Ungleichheit der Perioden fand; wenn wir nämlich die Durchgangszeiten durchs Perihel für die in Frage kommenden drei Kometenerscheinungen zusammenstellen, so finden wir

1531 August 26
1607 Oktober 27
1682 September 15

also Zwischenzeiten von 76 Jahren 2 Monaten und 74 Jahren 11 Monaten, eine Differenz zwischen beiden von 15 Monaten. Als Halley jedoch den wahren Zusammenhang in dem Einfluß der Störungen gefunden zu haben glaubte, stieg die Hoffnung auf die Richtigkeit seiner Hypothese zu fester Überzeugung, und er spricht die Erwartung aus, daß, „wenn der Komet gemäß dieser Prophezeiung ungefähr 1758 eintrifft, die gerechte Nachwelt nicht leugnen wird, daß dies zuerst von einem Engländer verkündet worden ist."

Halley konnte nach dem damaligen Stand der Theorie nur approximativ die Zeit der Rückkehr angeben und erlebte die Erfüllung der Prophezeihung nicht. Als aber die Epoche herannahte, hatte die Theorie sehr bedeutende Fortschritte gemacht, und Clairaut faßte den Entschluß, die Wirkung der Jupiterstörungen in den Jahren 1681—83 zu berechnen und damit den Zeitpunkt der Wiederkehr genauer anzugeben. Es war dies un

so nötiger, als sich noch lange vor der Wiederkehr schon eine gewisse Ungeduld bemerkbar machte und von verschiedenen Seiten die Ankunft verkündet wurde, ohne daß durch die Rechnung ein Anhalt gegeben war. Wie oft genug in ähnlichen Fällen wurden die Astronomen verantwortlich für das Nichteintreffen gemacht, und von verschiedenen Seiten wurden Zweifel an der Newtonschen Lehre, die hier zu Grunde gelegt war, laut. Die Arbeit, welche Clairaut unternahm und die er im November 1758 der Pariser Akademie vorlegte, war eine sehr bedeutende. Oft fand er, wie er selbst sagte, Überdruß bei den numerischen Rechnungen und suchte wieder und wieder nach etwa möglichen Vereinfachungen. Es gelang ihm in der That, hierbei die Theorie an vielen Stellen zu erweitern und zu vervollkommnen. Dabei trieb ihn natürlich auch wieder die Unruhe, ob es ihm gelingen sollte, rechtzeitig die Arbeit wenigstens soweit zum Abschluß zu bringen, daß an der Hand seiner Rechnung der Komet würde gefunden werden können. In Wirklichkeit befriedigte ihn das Resultat nicht vollständig, aber er wagte es nicht, die Veröffentlichung zu verzögern, da es sich doch nur um kleinere Verbesserungen handelte. Nach seinen Berechnungen mußte die Umlaufszeit seit der Erscheinung 1682 um 618 Tage, also fast 2 Jahre länger sein, als dieselbe zwischen 1607 und 1682 gewesen war. Er nahm die Wiederkehr zum Perihel um die Mitte April des Jahres 1759 an, bemerkte aber ausdrücklich, daß diese Ankündigung mit großer Vorsicht aufzunehmen sei, da man nicht vergessen dürfe, daß eine Menge kleinerer Größen, die bei Anwendung seiner Näherungsmethoden hätten vernachlässigt werden müssen, wohl den Termin um einen Monat verändern könnten, daß ferner viele unbekannte Ursachen auf die Bewegung des Kometen einwirken möchten. Also um einen Monat Spielraum bat Clairaut, wo es sich darum handelte, aus den nur unvollkommenen und seltenen Beobachtungen früherer Jahrhunderte eine Bahn zu berechnen, die in 75 Jahren durchlaufen wurde. Und wenn wir die Bewegung des Kometen in der Bahn näher

betrachten, so wird uns diese Unsicherheit noch geringer erscheinen. Der Komet erreicht in seiner Sonnenferne einen Abstand von der Sonne, der 35.4 mal die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne übertrifft, dagegen kommt er zur Zeit des Perihels der Sonne auf 0.6 der Erdentfernung nahe; in irdischem Maß beträgt seine größte Entfernung über 5000 Millionen Kilometer, seine kleinste kaum 100 Millionen, er geht also noch über die Neptunsbahn hinaus, während er sich andererseits der Sonne noch innerhalb der Venusbahn nähert. Bei einer so großen Verschiedenheit in der Entfernung vom Attraktionscentrum ist natürlich auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Komet in den verschiedenen Teilen seiner Bahn bewegt, sehr verschieden. Es findet sich, daß er zur Zeit seines Perihels in einer Sekunde etwa 120 Kilometer zurücklegt, also einen viermal so großen Weg als die Erde, im Aphel dagegen, wo die Bewegung die langsamste ist, nur 2 Kilometer; gewiß ein ungeheuerer Unterschied! Und doch kommen, was wir hier einfügen wollen, noch viel beträchtlichere Gegensätze in der Geschwindigkeit bei anderen Kometen vor, deren Bahn noch langgestreckter ist. Der Komet des Jahres 1680 hat z. B. nach Enckes Berechnungen eine halbe große Axe von 426.8 Halbmessern der Erdbahn und eine Periheldistanz von nur 0.0062 Halbmessern der Erdbahn. Er kommt also im Perihel der Oberfläche der Sonne auf 240 000 Kilometer (etwa 0.6 der Entfernung des Mondes von der Erde) nahe. Im Aphelium beträgt dagegen seine Distanz 130 000 Millionen Kilometer. Diese weite Bahn durchläuft der Komet in 8820 Jahren. Seine Winkelgeschwindigkeit im Perihel, von der Sonne aus gesehen, ist so groß, daß er in einer Stunde 118 Grade, also in 2 Stunden mehr als die sichtbare Hemisphäre des Himmels zurücklegt, dabei ist er der Sonne so nahe, daß von ihm aus gesehen, der Durchmesser der Sonne unter einem Winkel von 94 Grad erscheinen müßte. Im Aphelium, wo er die Sonne nur noch unter einem Winkel von 2 Bogensekunden erblicken würde, zieht er so langsam fort, daß er 1640 Tage

gebraucht, um von der Sonne aus gesehen, einen Winkel von einer Bogensekunde zurückzulegen, mit andern Worten, er hätte hier für einen Beobachter in der Sonne keine stärkere Eigenbewegung als womit mancher Fixstern sich von uns aus gesehen am Himmel fortbewegt. Aus diesen Winkelbewegungen lassen sich in Verbindung mit den anderweitig ermittelten Entfernungen von der Sonne die absoluten Geschwindigkeiten des Kometen in diesen äußersten Punkten seiner Bahn berechnen. Man findet darnach, daß er im Perihel in einer Sekunde 550 Kilometer durcheilt, dagegen im Aphel nur etwa 4 Meter in derselben Zeit zurücklegt. Das sind also in der That noch größere Unterschiede, als beim Halleyschen Kometen, und man wird daraus das Schwierige solcher Vorausberechnungen begreifen, wobei natürlich noch zu beachten ist, daß wir den Kometen bei so lang gestreckter Bahn immer nur in einem sehr kleinen Teil der Bahn betrachten können.

Der Halleysche Komet wurde von einem Freunde der Astronomie, dem Bauer Palitzsch bei Dresden am 25. Dezember 1758 aufgefunden, später von Messier in Paris und in der Folge von vielen Astronomen beobachtet. Es zeigte sich nun, daß er durch das Perihel am 12. März 1759 ging, die Clairautsche Vorausberechnung wich also wirklich nur um die von ihm selbst angegebene Fehlergrenze ab. Diese Erscheinung ist bemerkenswert durch ein doppeltes Verschwinden des Kometen. Er kam, nachdem er, wie gesagt, Ende Dezember aufgefunden worden, um die Mitte Februar von uns aus gesehen der Sonne so nahe, daß er in den Strahlen derselben verschwand. Gegen Ende März trat er als glänzende Erscheinung wieder hervor, ging aber dann bald so weit südlich, daß er am 22. April auf den europäischen Sternwarten nicht mehr beobachtet werden konnte. Nach einigen Tagen kehrte er jedoch dergestalt in seinem Laufe um, daß er nochmals sichtbar wurde, bis er dann Anfang Juni so schwach wurde, daß ihn kein Fernrohr mehr unsern Blicken wahrnehmbar machen konnte. Er zog weiter und weiter seine ungeheuere

Bahn, um erst nach ³/₄ Jahrhunderten dem gespannten Auge des Astronomen, und mit noch viel größerer Pünktlichkeit als 1759 wieder zu erscheinen.

Es ist wohl begreiflich, daß die Rückkehr im Jahre 1759 einen ungeheueren Eindruck hervorrufen mußte, und derselbe spiegelt sich in vielen Schriften damaliger Zeit wieder. So schreibt z. B. Lalande: „Die Welt sieht in diesem Jahre eine Erscheinung, welche die Astronomen mehr als je mit Befriedigung erfüllen muß, eine Erscheinung, die einzig bis heute dasteht, die unsere Zweifel in Gewißheit, unsere Hypothesen in Beweise verwandelt. Diese Wiederkehr (des Halleyschen Kometen) bezeichnet die denkwürdigste Epoche in unserer Wissenschaft, sie vergilt uns endlich die ungeheuere Menge der Berechnungen, der Beobachtungen und Untersuchungen. In der That, obwohl die hervorragenden Naturforscher stets die Wiederkehr des Kometen erhofften, obwohl Newton uns derselben versicherte und Halley es wagte, den Zeitpunkt vorauszusagen, alle bis selbst auf Halley forderten den Ausgang, die Zukunft heraus. Welch ein Unterschied zwischen ihrer und unserer Lage, zwischen dem Genuß, den ihnen die glückliche Vermutung gab, und den Vorteilen, welche wir heute in der Bestätigung haben. Die Kombination historischer Thatsachen, Ableitung der Konsequenzen aus denselben für die Zukunft, das war die Arbeit Halleys, diese Folgerungen nach mehr als 50 Jahren im ganzen Umfang bestätigt zu sehen, das ist ein Glück, welches uns aufgespart wurde und um welches uns die Philosophen aus den fernsten Zeiten beneiden könnten."

Die nächste Erscheinung konnte natürlich mit viel größerer Genauigkeit vorausberechnet werden. Einesteils waren die Massen der großen Planeten besser bestimmt und es war auch inzwischen der Uranus entdeckt worden, dessen störender Einfluß mit in Rechnung gezogen werden konnte, andererseits waren die Rechnungsmethoden vervollkommnet worden. Die französischen Astronomen Damoiseau und Pontécoulant setzten die Rück-

kehr zur Sonnennähe auf den 4. resp. 7. November 1835. Noch genauer als diese Arbeiten war aber die Berechnung des deutschen Astronomen Rosenberger, indem dieser die Bahn des Kometen sowohl aus den Beobachtungen des Jahres 1682 als aus denen des Jahres 1759 neu und in vollendetster Weise behandelte. Nach seinen Angaben sollte der Durchgang durchs Perihel etwas später, als nach den eben erwähnten Berechnungen erfolgen, nämlich am 12. November. Die Unsicherheit wurde dabei auf etwa 3 Tage geschätzt, also ein gewaltiger Fortschritt gegen die Vorhersage Clairauts. Dabei war man besonders auf diese Wiederkehr gespannt, da sich nicht lange vorher aus den Enckeschen Untersuchungen über die Bewegung des nach ihm benannten Kometen die wahrscheinliche Existenz eines Widerstand leistenden Äthers, der den Raum erfüllte, ergeben hatte. Es lag ja darnach nicht außerhalb des Bereichs der Möglichkeit, daß auch hier eine beschleunigte Rückkehr stattfinden werde, deren Größe sich der Rechnung einstweilen noch entzog. Dann war noch eine andere Ursache für eine eventuelle Beschleunigung vorhanden, nämlich in dem Schweife, welchen dieser Komet so wie alle größeren zeigte. Nach den damaligen Erfahrungen bestand der Schweif aus leichter Materie, die der Komet von sich treibt und die sich meistens in der der Sonne entgegengesetzten Richtung entfernt. Wenn nun der Komet eine Kraft nach irgend einer Richtung äußert, so wird er selbst eine Gegenwirkung dieser Kraft nach der entgegengesetzten Richtung erfahren. Der von dem Kometen abströmende Schweif würde also auf die Vermutung führen, daß der Komet selbst noch durch eine andere Kraft als die anziehende der Sonne zu dieser getrieben wird, sich also auch etwas anders bewegen muß, als er sich bewegen würde, wenn er nur unter dem Einfluß der Sonnenanziehung stände. Wenn nun auch über die Größe dieser Einflüsse vollkommene Unsicherheit herrscht, so läßt sich doch mit Grund annehmen, daß sie nicht so bedeutend sein werde, um die Wiederkehr im ganzen, den scheinbaren Lauf des Kometen in der Art zu beeinflussen, daß die Auf-

findung erschwert werden würde. In den ersten Monaten des Jahres mußte der Komet in einer Himmelsgegend stehen, die für unsere Sternwarten gut zu beobachten war; seine Entfernung war aber dann noch so außerordentlich groß, daß nur geringe Wahrscheinlichkeit vorhanden war, ihn wegen seiner Lichtschwäche selbst mit starken Fernröhren aufzufinden. Im Frühjahr trat dann die Sonne zwischen uns und den Kometen, so daß er nun unsichtbar bleiben mußte. Im August jedoch ließ sich die Auffindung mit Hilfe des Fernrohrs erwarten und von dieser Zeit an sind auch die Orte am Himmel genauer mitgeteilt worden. Es mußte der Komet stehen

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| am | 20. | Aug. | 1835 | nahe bei dem Stern $\zeta$ Tauri, |
| „ | 28. | „ | „ | zwischen den Zwillingen und Fuhrmann, |
| „ | 21. | Sept. | „ | im Fuhrmann, |
| „ | 3. | Oktob. | „ | im Luchs, |
| „ | 6. | „ | „ | im Großen Bären, |
| „ | 11. | „ | „ | ebendaselbst, |
| „ | 12. | „ | „ | im Bärenhüter, |
| „ | 13. | „ | „ | in der Krone, |
| „ | 15. | „ | „ | im Hercules und im Schlangenträger, |
| „ | 19. | „ | „ | im Ophiuchus, |
| „ | 31. | „ | „ | ebendaselbst, |
| „ | 26. | Nov. | „ | bei dem Stern $\eta$ Ophiuchi, |
| „ | 26. | Dez. | „ | im Scorpion bei Antares, |

u. s. w.

Er näherte sich der Erde mit einer Geschwindigkeit die im Juli täglich etwa 4 Millionen Kilometer betrug, im August und September nahm diese Geschwindigkeit noch zu und im Oktober erreichte er seine größte Erdnähe, indem er sich dann nur etwa $^1/_7$ soweit von uns befand als die Sonne, also ca. 20 Millionen Kilometer. Dann mußte er natürlich auch dem bloßen Auge sichtbar sein, wie lange er sich aber werde beobachten lassen und wie sich die Entwicklung der äußeren Gestalt, des Schweifes u. s. w. zeigen werde, das blieb unbestimmt. Ebenso hatte man

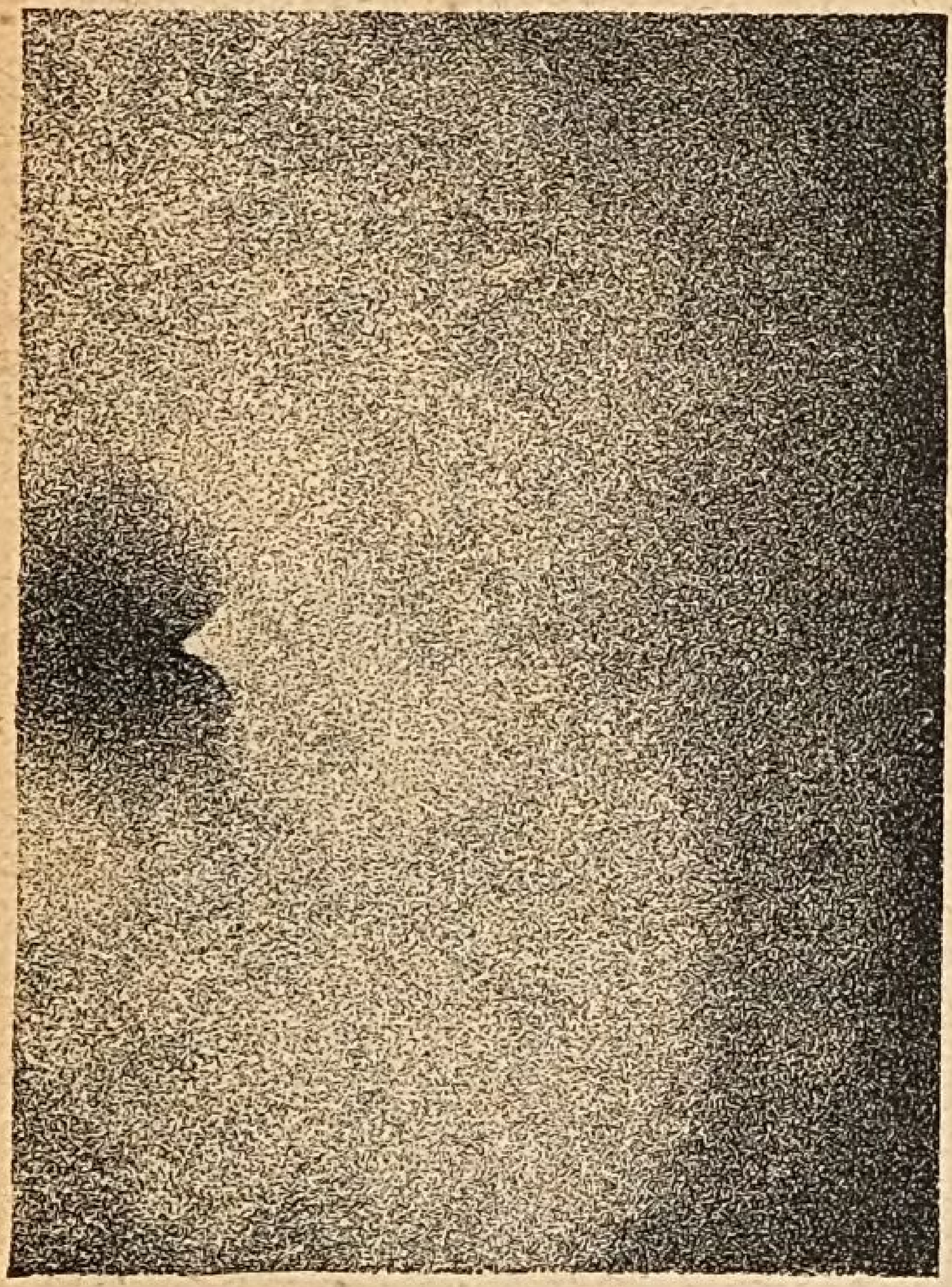
auch nicht voraussagen können, an welchem Tage es zuerst gelingen müßte ihn mit dem Fernrohr aufzufinden — eine derartige Vorhersage wird von den Astronomen nicht gemacht werden, ihre Erfüllung hängt von zu vielen Umständen ab, die sich gänzlich der Berechnung entziehen, von der Klarheit der Luft, der Güte des benutzten Fernrohrs, der Schärfe des Auges des Astronomen u. dgl. m. Es läßt sich wohl unter der Annahme der gleichbleibenden Konstitution des Kometen die Helligkeit in Zahlen ausdrücken, und man kann aus der Vergleichung solcher Zahlen zu einer gewissen Annäherung gelangen; wenn man weiß bei welchem Grad der Helligkeit ein Komet bei der vorhergehenden Erscheinung zuletzt in einem Fernrohr von bekannter Güte gesehen werden konnte, so kann man auch annehmen, daß er wieder gesehen werden wird, wenn er jene Helligkeit wieder erreicht hat. Aber wie gesagt treten hier dann noch manche Umstände hinzu, die die Auffindung um Tage verfrühen oder verzögern können, ohne daß in der Berechnung des Laufes die geringste Unsicherheit stattfände. Hierin liegt die Ursache, warum immer die für den Laien ziemlich gleichgültige Zeit des Durchgangs durchs Perihel angegeben wird, welche keineswegs mit der Zeit der größten Helligkeit zusammenzufallen braucht. Dieser Zeitmoment giebt das Eintreffen des Himmelskörpers an einem ganz bestimmten Punkt der Bahn, und bei ganz sicherer Bestimmung der Bahn ist auch diese Angabe eine ganz zuverlässige, zugleich der Prüfstein für die Genauigkeit der Berechnung.

Am 5. August 1835 wurde der Komet zuerst im Jesuitenkollegium zu Rom von dem P. Dumouchel in naher Übereinstimmung mit dem vorausberechneten Ort gefunden. Er war aber außerordentlich schwach und selbst mit den stärksten Fernröhren kaum zu unterscheiden; daher war es ganz natürlich, daß man ihn bei eintretendem Mondschein wieder aus den Augen verlieren mußte. Als aber nach Beendigung des Mondscheins die Nächte wieder vollkommen dunkel geworden waren und inzwischen auch die Helligkeit des Kometen infolge seiner Annähe-

rung an Erde und Sonne zugenommen hatte, sah man ihn an allen Orten, wo man ihn suchte. Immerhin erschien er nach den übereinstimmenden Berichten noch als blasser Nebelfleck, dessen Mitte jedoch durch eine stärkere Zusammendrängung des Nebels deutlicher hervortrat. Mehr und mehr nahm seine Helligkeit zu und sein Lauf war ganz mit der Vorausberechnung in Übereinstimmung.

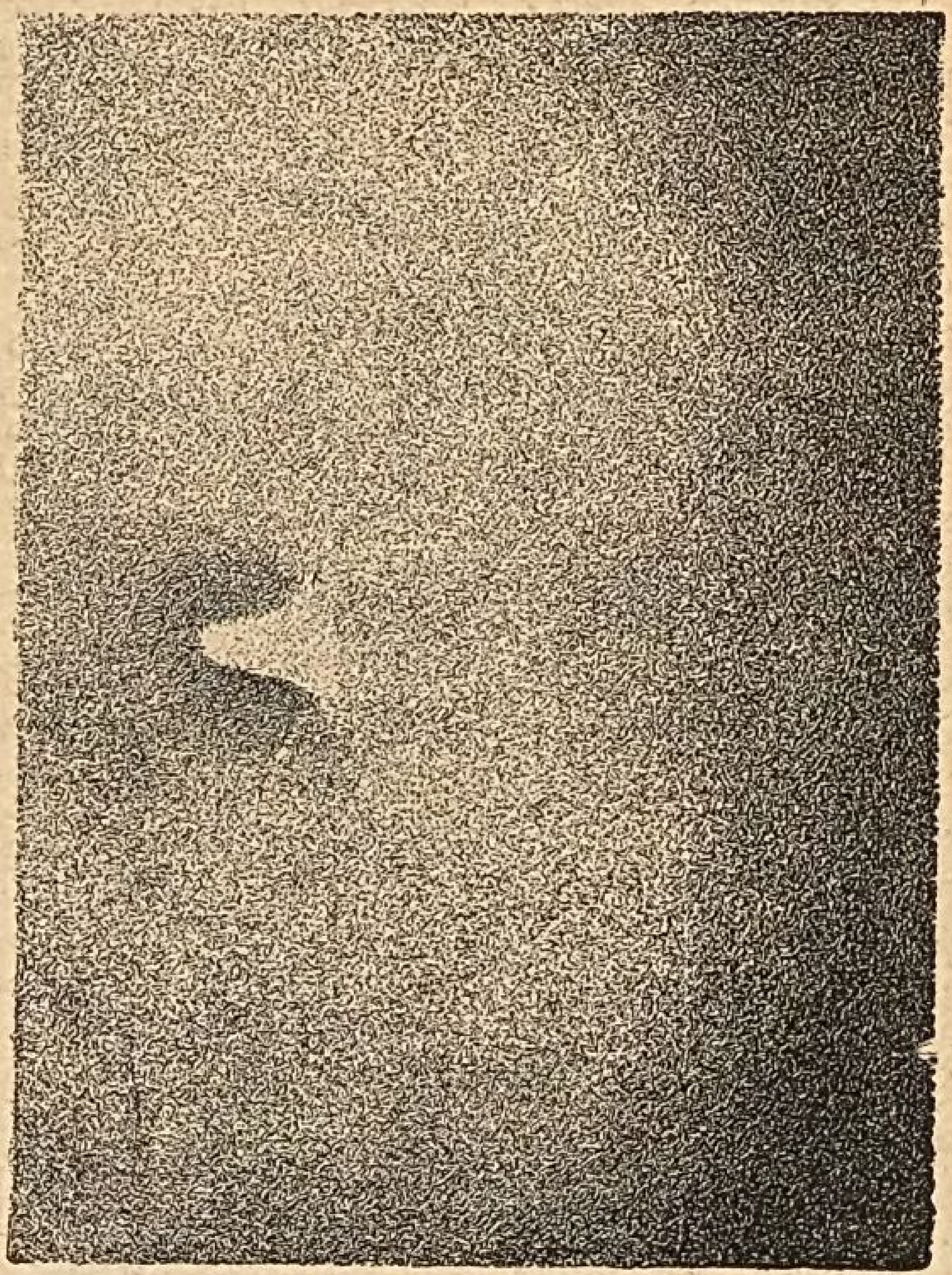
Von größter Wichtigkeit sollten aber die Erscheinungen werden, welche der Komet bei zunehmender Helligkeit, also Annäherung an die Sonne (was hier die Hauptsache war) an seinem Kern im Fernrohr erkennen ließ. Die sorgfältigsten Beobachtungen, verbunden mit treuen Abbildungen, verdanken wir Bessel. Von den letzteren sind einige der merkwürdigsten hier wiedergegeben. (Fig. 8—13.) Am 1. Oktober sah Bessel, wie er schreibt, nur Nebel und eine sehr starke Zusammendrängung desselben an einem Punkte, der jedoch nicht das Ansehen eines festen Körpers hatte. Auf den nächsten Tag, den 2. Oktober, kann man aber den Anfang einer neuen Periode der äußeren Gestaltung des Kometen setzen. Von diesem Tage an entwickelte er eine Reihenfolge von Erscheinungen, die zu den lehrreichsten gehören, welche Beobachtungen über die Beschaffenheit der Weltkörper bis jetzt dargeboten haben. Der erste Anblick des Kometen an diesem Tage war überraschend, sein Mittelpunkt erschien so hellglänzend, daß es schien, als leuchte ein Fixstern der 6. Größe durch ihn hindurch; so sah der Komet mit der schwächsten Vergrößerung des sehr lichtstarken Fernrohrs des großen Königsbergers Heliometers aus; wenn man aber eine hundertmalige oder noch stärkere Vergrößerung des Fernrohrs anwandte, so bemerkte man, daß der Unterschied des heutigen Aussehens von dem früheren nur von einer Vermehrung der Helligkeit des Mittelpunktes des Nebels herrührte, nicht von einer Veränderung seiner Beschaffenheit. Nach wie vor sah man denselben als eine Masse von unbestimmter Begrenzung. Dieses blieb sein Anblick während der ganzen Dauer der Er-

Fig. 8.



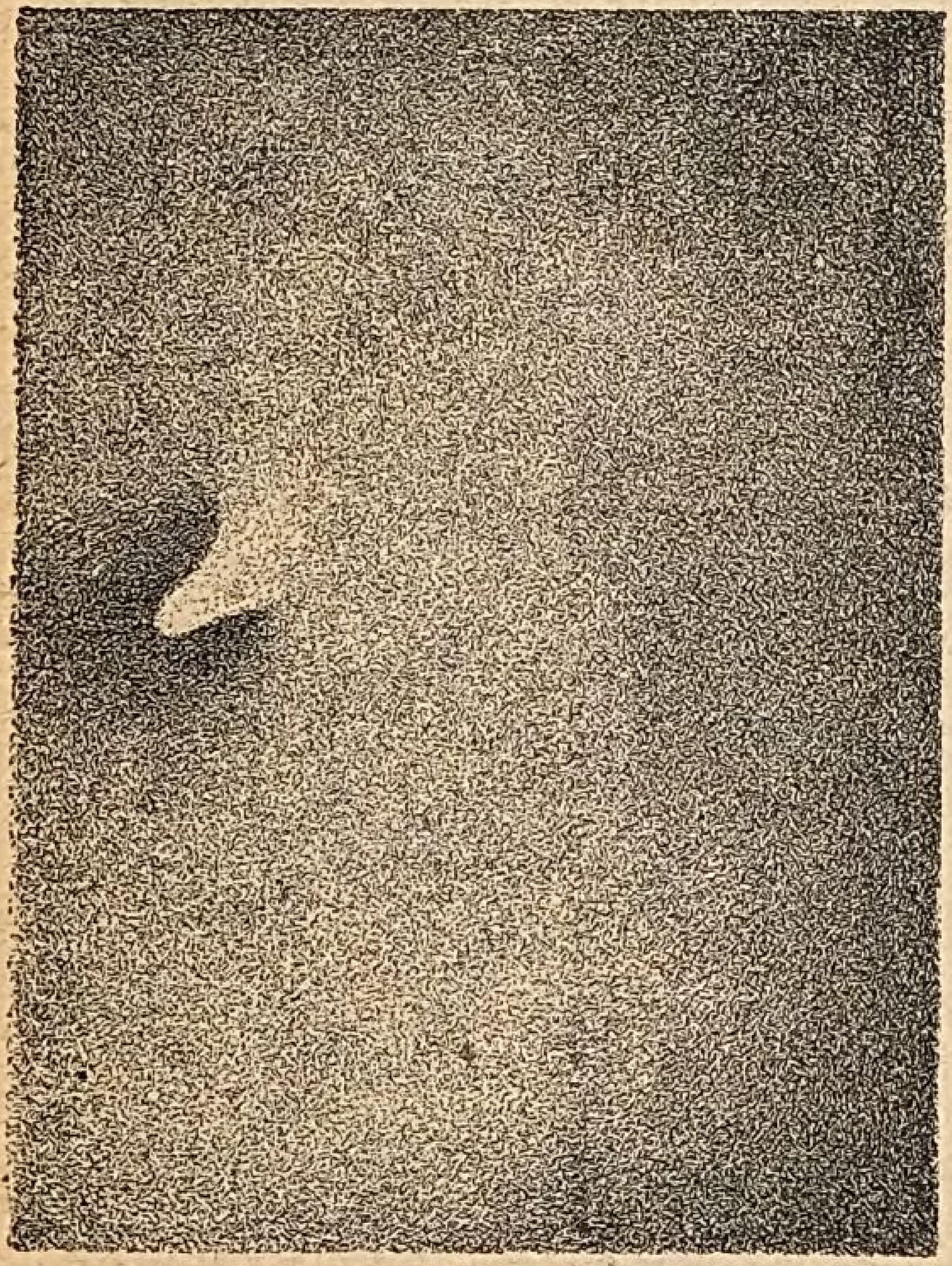
Halleys Komet nach Bessel. 2. Oktober 1835.

Fig. 9.



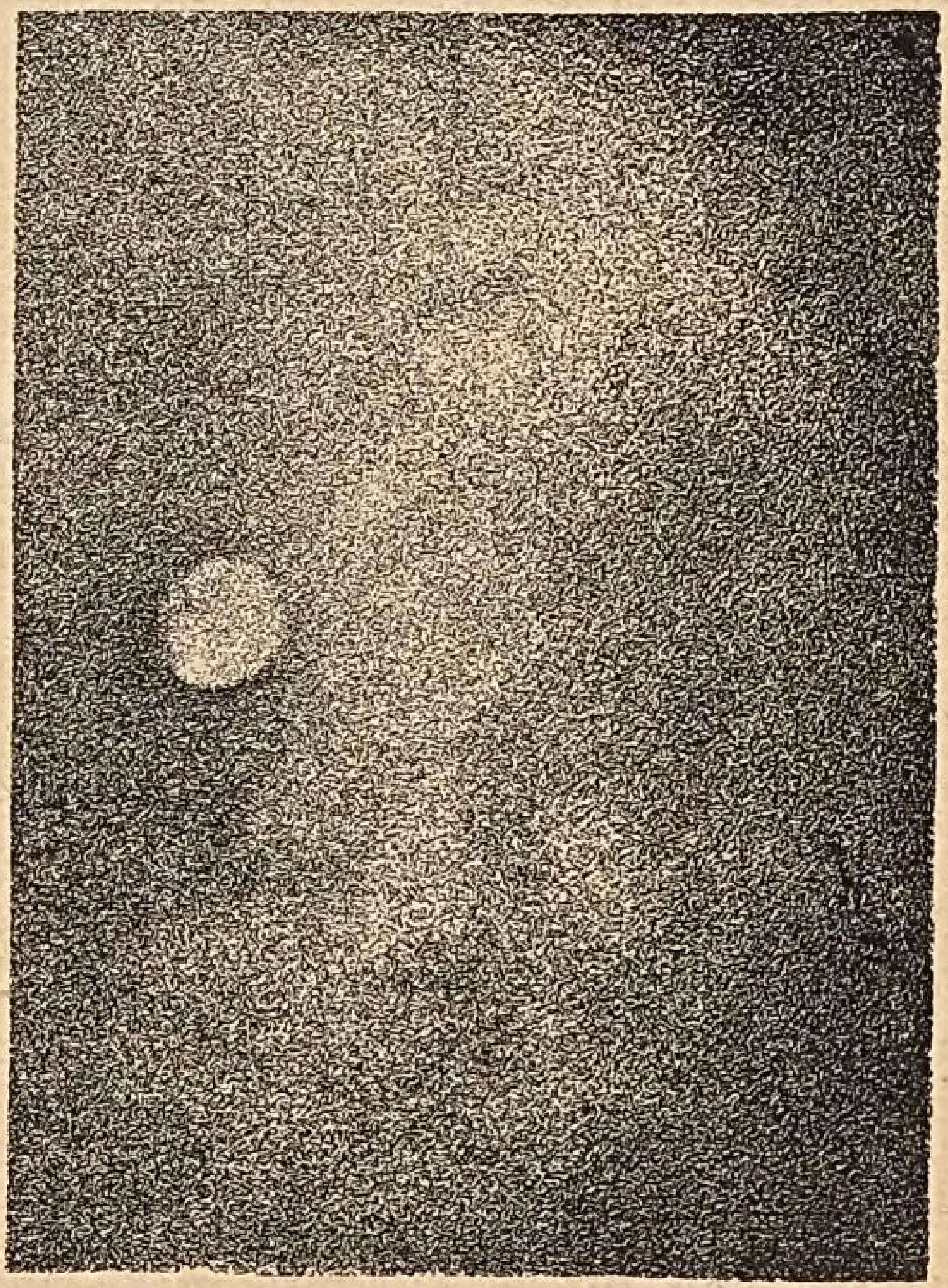
Halleys Komet nach Bessel. 8. Oktober 1835.

Fig. 10.



Halleys Komet nach Bessel, 12. Oktober 1835.

Fig. 11.

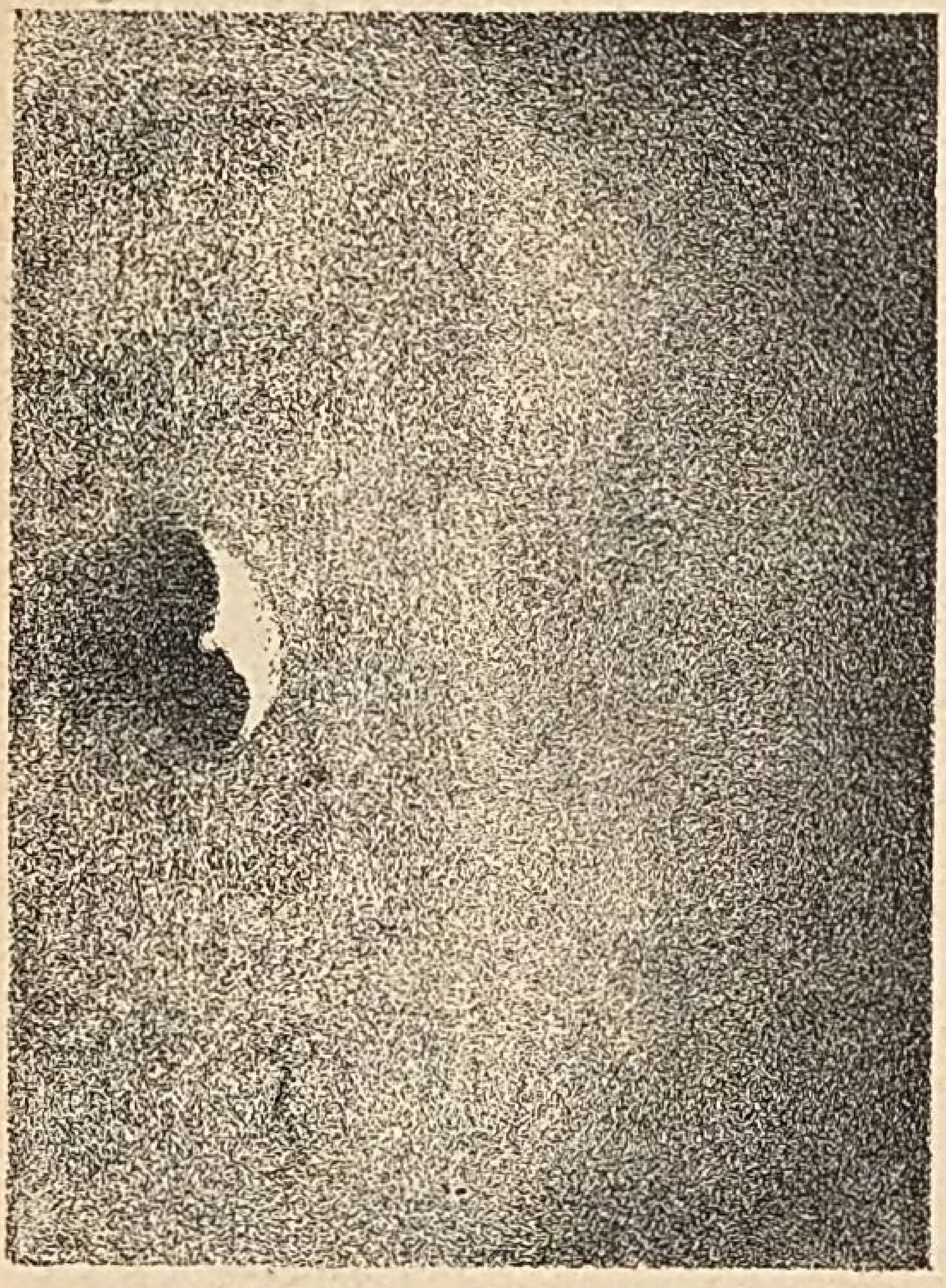


Halleys Komet nach Bessel. 13. Oktober 1835.

scheinung, man sah nie einen festen Kern, welcher den Körpern der Planeten auch nur einigermaßen ähnlich erschienen wäre. (Immerhin ist es aber zur Unterscheidung geeignet, diese Masse im Mittelpunkte als den Kern des Kometen zu bezeichnen.)

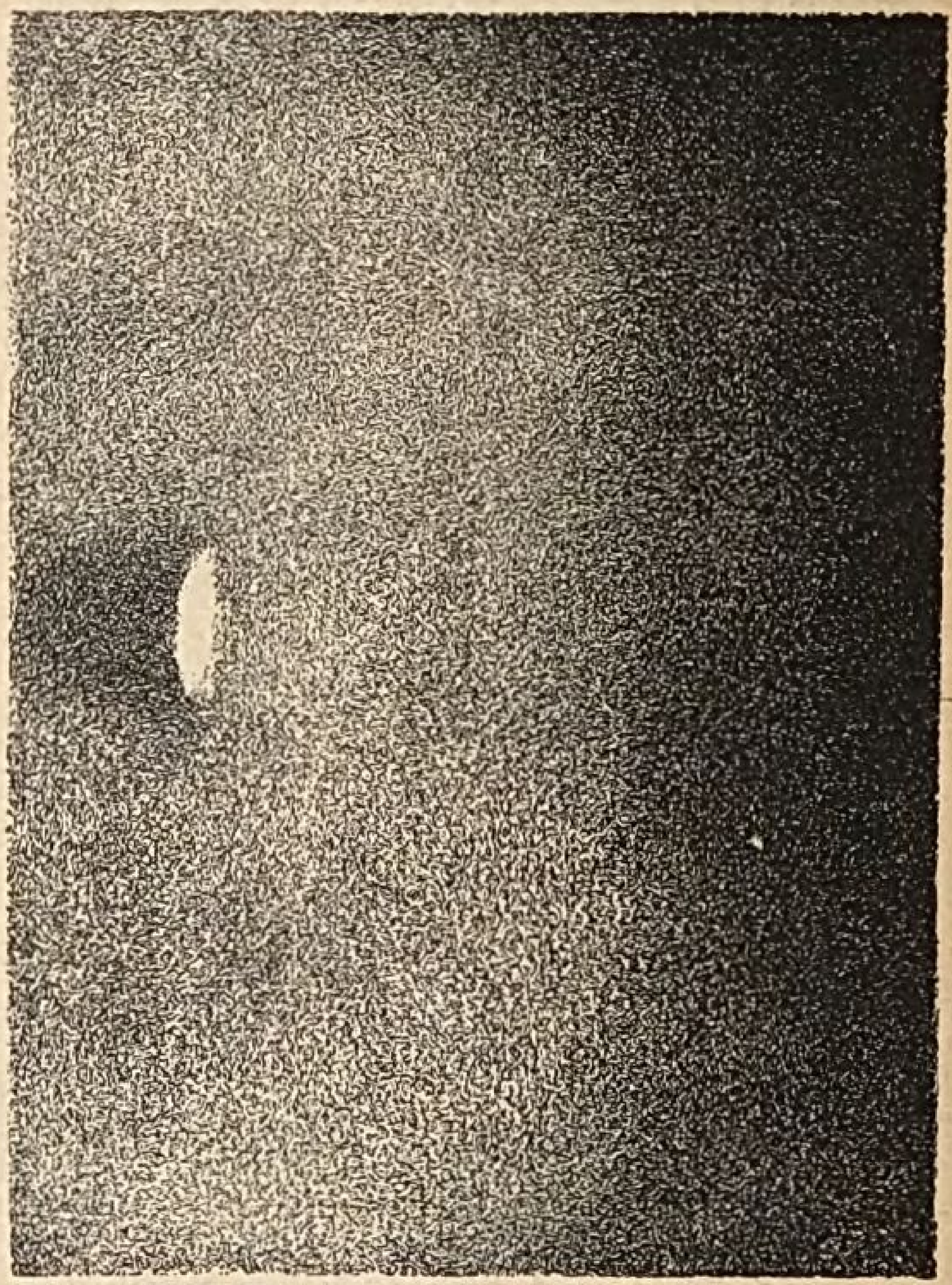
Die beträchtliche Zunahme der Helligkeit dieses Kernes war aber nicht das einzige Bemerkenswerte, was er am 2. Oktober

Fig. 12.



Halleys Komet nach Bessel. 22. Oktober 1835.

Fig. 13.



Halleys Komet nach Bessel. 25. Oktober 1835.

zeigte, von ihm ging eine sichtbare Ausströmung von Lichtmaterie aus, welche an ihrem Anfange in der Nähe des Kerns eine beträchtliche Helligkeit besaß und so wie sie sich von ihm entfernte, schwächer wurde, aber doch bis auf eine Entfernung von 15" von dem Nebelgrunde unterschieden werden konnte, auf dem sie lag. Diese Ausströmung ging in der Form eines ausgebreiteten Fächers aus dem Kern hervor; die Richtung ihrer Mittellinie ging ziemlich nahe auf die Sonne zu. Was das Verhältnis der Größe dieser Ausströmung zu der Größe des Kerns betrifft, so war dieselbe schwer anzugeben. Indessen schien es Bessel, daß der Kern schon in der Entfernung von $^1/_{30}$ des Erdhalb-

messers von seinem Mittelpunkt so verwaschen wurde, daß er gewiß nicht größer angenommen werden durfte; die Entfernung, bis zu welcher er jedoch die Ausströmung am 2. Oktober verfolgen konnte, betrug etwa $^3/_4$ Erdhalbmesser, sie war also mehr als 20 mal so groß als der Halbmesser des Kerns. Der den Kern umgebende Nebel erstreckte sich weit über die Ausströmung hinaus, 12—15 mal weiter als sie selbst. Von einem Schweife, der etwa die entgegengesetzte Richtung der Ausströmung hätte haben müssen, war am 2. Oktober, vielleicht wegen des Mondscheins, nichts zu erkennen.

Die nächste für die Beobachtung günstige Nacht war am 8. Oktober. Die Ausströmung hatte sich in ihrer Länge ausgedehnt, in der Breite jedoch vermindert, das Bild eines weniger als am 2. Oktober ausgebreiteten Fächers paßte nicht mehr ganz, indem sich an der rechten Seite (im umkehrenden Fernrohr) eine Krümmung eingefunden hatte. Ihre Richtung war stärker als am 2. Oktober gegen die Richtung nach der Sonne geneigt, man sah also, daß die Ausströmung nicht immer in der Richtung der Sonne vor sich ging und es konnte keinen Augenblick zweifelhaft bleiben, daß diese eine Aufschlüsse verheißende Erscheinung war, deren nähere Erkenntnisse jedoch von ferneren Beobachtungen erwartet werden mußte.

In der Nacht des 12. Oktober konnte der Komet lange verfolgt werden, es war vom Untergang bis zum Wiederaufgang der Sonne klar. Die Ausströmung war noch länger und schmäler als am 8. Oktober, wieder auf der rechten Seite gekrümmt. Sie gab dem Kometenkern das Ansehen einer brennenden Rakete, deren Ausströmung durch Zugwind rechts abgelenkt wird. In dieser Nacht trat eine Bewegung des ausströmenden Lichtkegels höchst auffallend hervor, im Anfange war seine Richtung 19 Grad links von der Richtung der Sonne, ihre Neigung wuchs von Stunde zu Stunde und betrug gegen 3 Uhr Morgens 55 Grad. Der nächste Abend zeigte eine ganz unerwartete Erscheinung: die Ausströmung war verschwunden und statt ihrer

sah man eine große Masse ausgeströmter Lichtmaterie links von dem Kern des Kometen, in einer noch etwas größeren Neigung gegen die Richtung der Sonne als die, bis zu welcher die Ausströmung der Sonne sich gestern bewegt hatte. Man sah also, daß sie noch nach dem Schlusse der gestrigen Beobachtungen ihre Bewegung nach der linken Seite fortgesetzt hatte, allein daß ihr hier die Kraft sich in Thätigkeit zu erhalten, geschwunden war. Man mußte überzeugt sein, daß die Ausströmung aus einer Wirkung der Sonne auf den Kometen entstehe, war dies aber der Fall, so stand auch zu erwarten, sie in voller Thätigkeit zu sehn, wenn sie sich in der Richtung ihrer Ursache befand, in geringerer oder ganz aufhörender Thätigkeit wenn sie sich von dieser Richtung beträchtlich entfernte. Im weiteren Verlaufe des Abends bezog sich der Himmel, so daß die Erscheinung nicht weiter verfolgt werden konnte. Am 14. heiterte sich der Himmel eine Viertelstunde auf, die Ausströmung war nicht nur wieder erschienen, sondern prachtvoller als am 12 Sie hatte sich von der linken Seite, wo sie am 12. zuletzt gesehen wurde und wo am 13. noch ihre Spuren deutlich zu erkennen waren, nach der rechten zurückbewegt und befand sich sehr nahe in der Richtung der Sonne, ihre Höhe war etwa einem Erdhalbmesser gleich. Am 15. hatte die Ausströmung ihre Bewegung nach der rechten Seite fortgesetzt und hatte die Richtung, welche man den vorigen Beobachtungen zufolge erwarten konnte. Sie war in beträchtlicher Neigung gegen die Richtung der Sonne, ohne die gestrige Lebhaftigkeit und schien wieder im Verschwinden begriffen zu sein. Spätere Beobachtungen dieser Ausströmungen sind nicht von gleicher Wichtigkeit für das Wesen derselben, da sie nicht an aufeinander folgenden Tagen, sondern nur vereinzelt und durch mehrere trübe Tage von einander getrennt, gemacht werden konnten; sie sind daher nicht in gleicher Weise auffallend wie in den eben aufgeführten Fällen.

Als Bessel das Hin- und Herschwanken der Ausströmung zuerst bemerkte, begann auch die Schweifentwicklung und zwar

in der Weise, daß sich die Lichtausströmung umbog und in einen Schweif in der entgegengesetzten Richtung fortsetzte. Dann veränderte auch der Kern beträchtlich seine Helligkeit. Nicht lange nachher wandte der Komet sich in seinem Lauf nach Süden, entschwand damit den Blicken der Astronomen auf der nördlichen Hemisphäre. Am Cap wurde er dann noch längere Zeit von Herschel beobachtet, wurde aber nun schwächer und schwächer und nachdem er im Anfang des Jahres 1836 wieder das Aussehen der nebligen runden Masse angenommen hatte, verschwand er bald ganz, auch für die kraftvollsten Fernrohre.

Seit dieser Zeit hat man nun besondere Aufmerksamkeit auf die Lichtausströmungen und Schweifentwicklungen gewandt, und wir werden daher noch einige der interessantesten Kometenerscheinungen mit Rücksicht hierauf besprechen. Dabei werden wir noch weitere Eigentümlichkeiten erkennen. Zuvor mögen aber, um die Mitteilungen über den Halley'schen Kometen nicht zu sehr auseinander zu ziehen, noch einige Bemerkungen über seine früheren Erscheinungen Platz finden.

Nachdem mit unzweifelhafter Sicherheit durch die Wiederkehr im Jahre 1759 die Richtigkeit der Halley'schen Annahme erwiesen worden war und auch durch das Jahr 1835 die Bahnverhältnisse genauer hatten ermittelt werden können, war es von Interesse, Nachforschungen anzustellen, ob der Komet nicht in noch früheren Zeiten auch bereits beobachtet worden war. Wir wissen, daß schon Halley selbst die Identität der Kometen 1456, 1531, 1607, 1682 vermutet hatte und da der Komet ja immer mit gewissem Glanz erschienen war, so konnte man in der That hoffen, in alten Chroniken Berichte über Kometen zu finden, die sich bei genauerer Nachforschung als Erscheinungen des hier besprochenen zeigen würden. Hind hat wirklich die Beobachtung bis ins Jahr 11 v. Chr. zurückverfolgen zu können geglaubt, und wenn auch nicht alle von Hind angegebenen Daten gleiche Verläßigkeit bieten, so ist doch für die beobachtete Sicht-

barkeit des Halley'schen Kometen in folgenden Jahren zuweilen sehr große Wahrscheinlichkeit vorhanden:

| | | |
|---|---|---|
| 11 v. Chr. | 451 n. Chr. | 912 n. Chr. |
| 66 n. Chr. | 530 „ „ | 989 „ „ |
| 141 „ „ | 607 „ „ | 1066 „ „ |
| 218 „ „ | 684 „ „ | 1145 „ „ |
| 295 „ „ | 760 „ „ | 1223 „ „ |
| 273 „ „ | 837 „ „ | 1301 „ „ |
| | | 1378 „ „ |

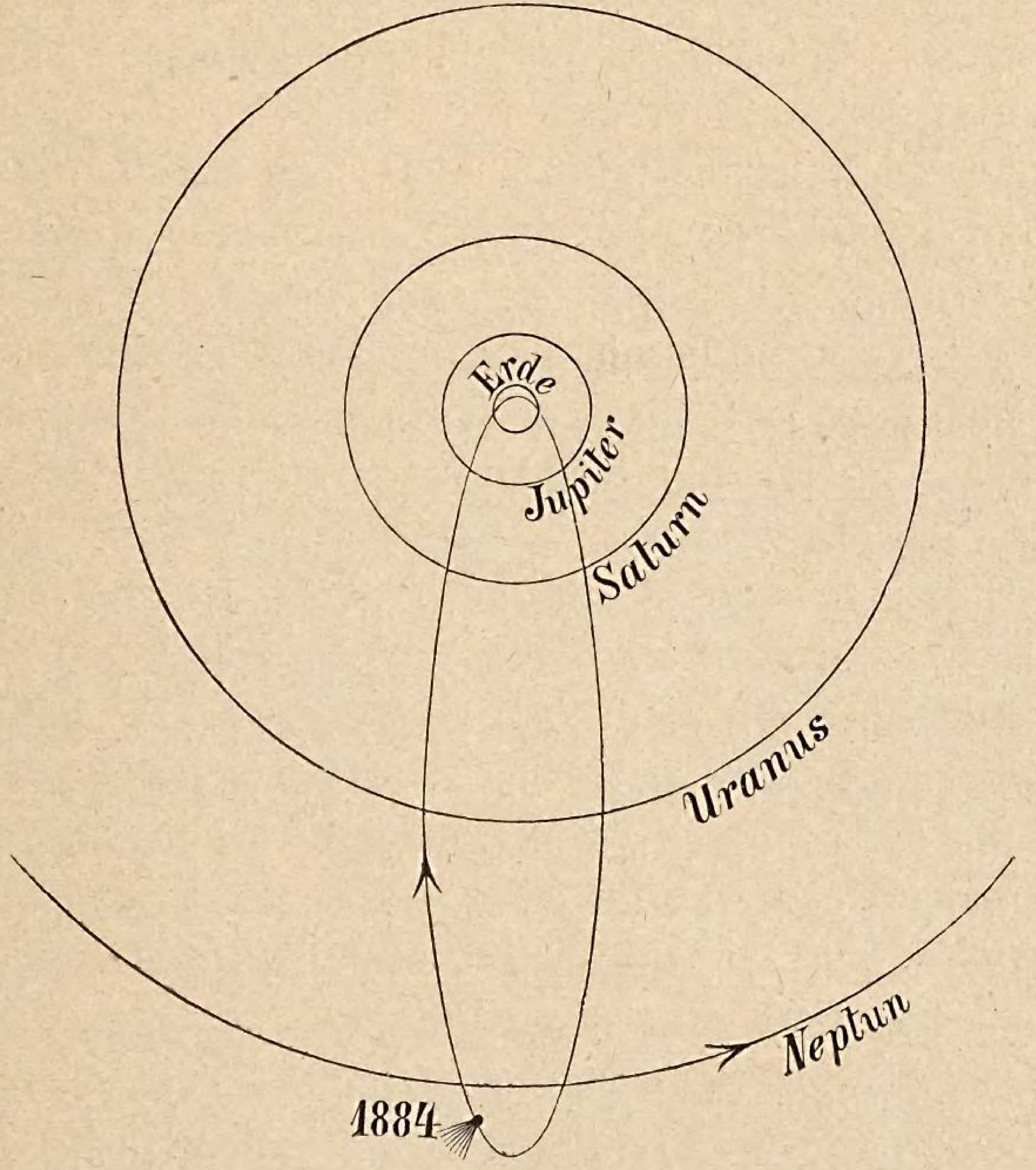
Noch ältere Angaben, die namentlich über gesehene Kometen in den chinesischen Annalen gefunden werden, sind zu ungenau und unbestimmt, als daß sich aus ihnen ableiten ließe, in wieweit sie dem Halleyschen Kometen angehören oder nicht. Die ungleiche Dauer der Periode spricht sich in obigen Jahreszahlen ebenfalls aus, noch auffallender wird sie jedoch — und dadurch zugleich der mächtige Einfluß der Störungen seitens der Planeten charakterisiert — wenn wir die genau berechneten Umlaufszeiten der beglaubigten Erscheinungen in Tagen zusammenstellen. Darnach waren dieselben

| | |
|---|---|
| 1531—1607 | 27 811 Tage |
| 1607—1682 | 27 352 „ |
| 1682—1759 | 27 937 „ |
| 1759—1835 | 28 006 „ |

Von 1835 bis zur nächsten Erscheinung giebt Pontécoulant 27 217 Tage an, darnach würde der Periheldurchgang am 24. Mai 1910 stattfinden. Indessen wird eine genauere Berechnung seiner Zeit unternommen werden müssen und das Datum möglicherweise nicht unwesentlich verschoben werden. Die Arbeit wird übrigens eine noch zusammengesetztere als das vorige Mal, weil inzwischen der Planet Neptun entdeckt worden ist und nun auch der Einfluß dieses Planeten auf die Bewegung berücksichtigt werden muß. In der Fig. 14 ist die Bahn des Halleyschen Kometen gezeichnet und zugleich auch der Ort angedeutet, wo er sich jetzt etwa befindet.

In der ersten sicher beglaubigten Erscheinung des Halleyschen Kometen 1456 erschien derselbe in sehr großem Glanz, da er gleichzeitig der Sonne und der Erde sehr nahe stand. Sein Schweif, der eine Länge von 60° erreichte, breitete sich gegen Ende wie ein Pfauenschweif aus, und der Kern soll mit der Intensität eines hellen Fixsterns geleuchtet haben. Er erschien

Fig. 14.




Bahn des Halleyschen Kometen und einiger der großen Planeten.

anfangs vor Sonnenaufgang am Osthimmel, dann nach Sonnenuntergang am Westhimmel, während er inzwischen längere Zeit verborgen blieb, die Folge war, daß man zuerst zwei verschiedene Kometen beobachtet zu haben glaubte. Er gab damals zu großen Schrecken Veranlassung. Die Türken hatten unter Mahomed II. Constantinopel erobert und die Christen waren schwer bedrängt.

Als dann 1454 ein Komet erschien, glaubten die Türken, daß ein neuer Kreuzzug gegen sie von den Christen, und damit ihre Vernichtung bevorstände. Nichts desto weniger drangen sie immer weiter siegreich vor und so kam es, daß, als nun 1456 der Halleysche Komet erschien, man im Lager der Christen mutlos wurde und in der Ankunft des Gestirns nicht wie vorher die Besiegung der Türken, sondern vielmehr die baldige und gänzliche Vernichtung des Christentums verkündet glaubte. Diese Meinung war so verbreitet und so fest gewurzelt, daß Papst Calixtus II. Gebete anordnete.

Auch das nächste Erscheinen 1531 fand das Volk noch nicht vom Aberglauben frei, die Astronomen jener Zeit hielten zum großen Teil an der Ansicht fest, daß der Komet der Vorbote großer Kriege sei. Lubienitz trat allerdings hiergegen auf, indem er nachzuweisen suchte, daß den Kometenerscheinungen ebenso oft freudige als traurige Ereignisse gefolgt seien. Auch fanden sich hier und da Männer, welche sich von dem Vorurteile der Welt frei zu machen wußten. So sagt Erastus: „Wollte Gott, daß die Kriege keine andere Ursache hätten, als die durch die Wirkung der Kometen aufgereizte Galle der Machthaber. Ein einziger geschickter Arzt könnte alsdann mit einer kleinen Dosis Rhabarber oder Rosensyrup das Glück eines ganzen Landes erhalten.“ Und Grynäus: „Ich kann mich nicht genug wundern über die Kühnheit und Unwissenheit einiger Menschen, die sich nicht scheuen aus der Erscheinung der Kometen ohne allen Grnnd Mißwachs oder sonst ein anderes Unglück vorherzusagen.“ Die Erscheinung selbst war weniger glänzend als die vorige, aber die Beobachtungen, welche uns Apianus (mit seinem eigentlichen Namen Peter Bienewitz) lieferte, sind von ganz anderem astronomischen Wert als die früheren.

Die Erscheinung 1607 hatte viel Ähnlichkeit mit der des Jahres 1835. Der Komet passierte am 26. Oktober sein Perihel, also nahe in derselben Zeit des Jahres wie in der letzten Erscheinung. Dabei näherte er sich der Erde bis auf ca. 40 Mil-

lionen Kilometer und durchlief wie 1835 die Sternbilder des großen Bären, Bootes, Schlange. Die Beobachtungen dieser Wiederkehr sind zahlreich und sorgfältig, haben sich doch Kepler, Longomontan, Harriot u. a. an denselben beteiligt. Kepler hat auch mehrfach Notizen über die Entwickelung des Schweifes gemacht, und auf Grund dieser Beobachtungen gelangte er zu der (irrigen) Ansicht, daß die Kometen sich in geraden Linien bewegten, während Tycho die Bewegung in Kreisen behauptet hatte. Auch aus dieser Erscheinung ließen sich Berichte über astrologische Deutungen noch genug anführen.

Die Beobachtungen endlich des Jahres 1682 führten zu der Erkennung der periodischen Wiederkehr, der Bewegung in der elliptischen Bahn, und die Astronomie war nun doch soweit gekommen, daß wenigstens unter den Fachmännern ein Zusammenhang der Kometen mit astrologischen Vorherverkündigungen nicht mehr erblickt wurde.

Wir haben absichtlich bei der Besprechung des Halleyschen Kometen länger verweilt, als es bei anderen großen Kometen geschehen kann. Er ist aber, wie der Leser hoffentlich erkannt haben wird, für die Kenntnis der Bewegung und der physischen Vorgänge von so großer Wichtigkeit geworden, daß ihm wohl eine hervorragende Stelle in diesem Büchlein gebührt.

## 4. Kometen der Jahre 1744, 1858 (Donati), 1861, 1862 II., 1874 (Coggia), 1881, 1807.

Mit Rücksicht auf die Ausströmungserscheinungen, welche am Halleyschen Kometen beobachtet wurden, ist zuerst hier ein Komet aus dem vorigen Jahrhundert zu erwähnen. Im Jahre 1744 erschien ein sehr glänzender Komet, und nach vortrefflichen Abbildungen, welche uns von Heinsius, der im Besitz eines sehr guten Fernrohrs war, geliefert worden sind, haben bei demselben am Kern ganz ähnliche Vorgänge stattgefunden, als wie sie Bessel 1835 wahrnahm. Beide zeigten sich anfangs ohne sichtbare Ausströmung nach der Sonne, beide fingen darauf an, von

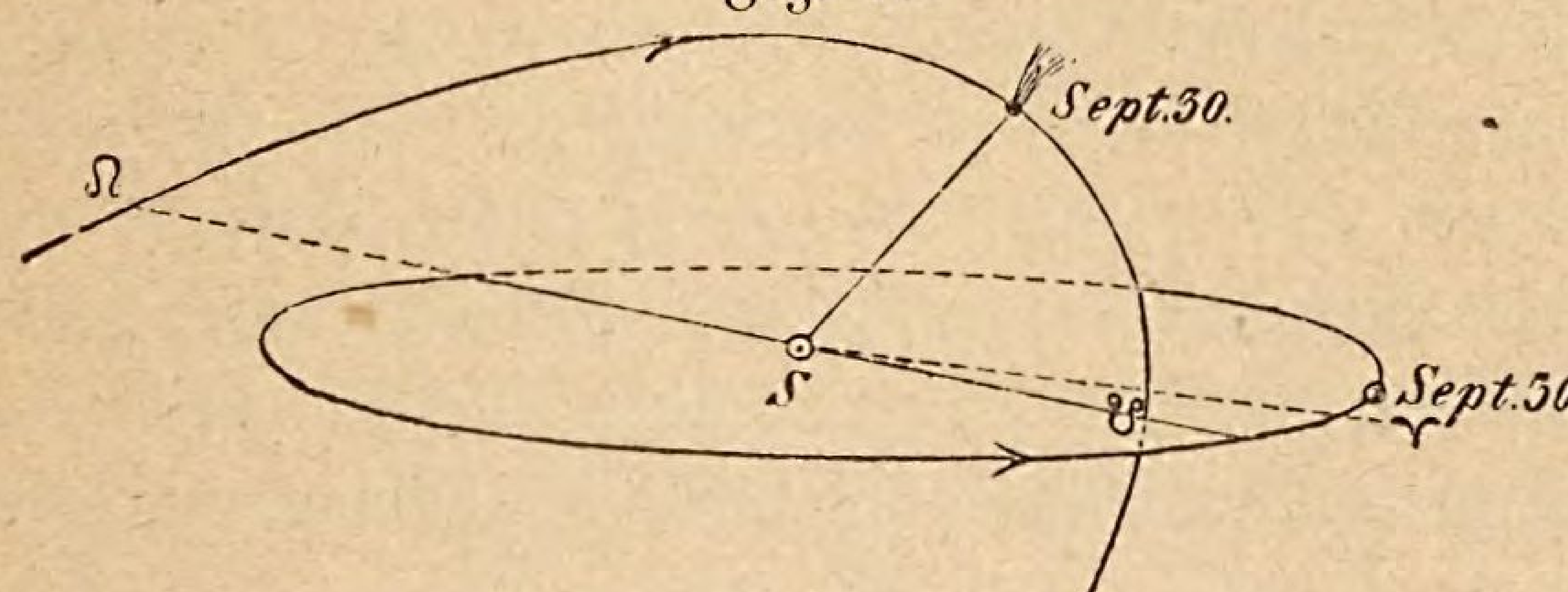
einem kleinen Teile der Oberfläche der Sonne zu sichtbar auszuströmen, dann vergrößerte sich die ausströmende Fläche; die Ausströmung krümmte sich, auf beiden Seiten von der Sonne abgewandt, und ging in dieser Weise in den Schweif über. Wenige Tage später vergrößerte sich aber der ausströmende Teil der Oberfläche beim Kometen 1744 fortwährend, so daß er sich nach und nach über die ganze der Sonne zugewandte Hälfte des Kerns ausdehnte. Die Krümmung der Ausströmung von der Sonne abwärts vermehrte sich und bildete zwei Schenkel eines Schweifes, die in den schon vorhandenen Schweif übergingen und sich mit diesem von der Sonne abgewandt erstreckten.

Im Gedächtnis der meisten Leser werden die nun folgenden Kometen sein, ganz besonders die beiden hellen der Jahre 1858 und 1861. Der erstere, allgemein bekannt unter dem Namen des Donatischen Kometen, erschien nicht so überraschend wie der nächste. Er wurde am 2. Juni 1858 als sehr schwacher und mit starken Fernröhren wahrnehmbarer Nebel von Donati in Florenz entdeckt. Längere Zeit hindurch blieb er schwach, wurde aber Ende des Monats, als der Mondschein nicht mehr hinderte, in Amerika an mehreren Orten, wo man damals noch keine Kenntnis von der Florentiner Entdeckung hatte, unabhängig aufgefunden; unter den Entdeckern lesen wir auch den Namen einer Dame, der Miß Mitchell in Nantucket. Die Bahnbestimmung blieb infolge der langsamen Bewegung, die ihrerseits wieder auf eine große Entfernung von Sonne und Erde schließen ließ, zunächst unsicher. In der That betrug die Entfernung von der Sonne zur Zeit der Entdeckung 350 Millionen, von der Erde gar 380 Millionen Kilometer.

Bis Mitte August blieb der Komet teleskopisch, dann wurde er jedoch heller und heller, und mit der zunehmenden Annäherung wurde auch die Bewegung eine raschere. Am 1. September hatte er sich der Sonne bereits auf 120 Millionen, der Erde auf 250 Millionen Kilometer genähert, und nun wurde auch die Bahnbestimmung soweit genau, daß sich für Ende September und

Anfang Oktober eine sehr glänzende Erscheinung voraussagen ließ. Am 30. September sollte der Komet seine Sonnennähe in etwa 80 Millionen Kilometer Entfernung erreichen, in die größte Erdnähe kam er am 10. Oktober, wo er etwa ebenso weit von ihr als am 30. September von der Sonne abstand. Seine Bewegung wandte sich nun stark südlich, sodaß er vom 20. Okt. an auch auf den Sternwarten Südeuropas nicht mehr gesehen werden konnte. Auf der südlichen Halbkugel, den Sternwarten am Kap der guten Hoffnung und S. Jago di Chili wurde er

Fig. 15.




Bahn des Donatischen Kometen und der Erde.

jedoch noch bis zum März 1859 verfolgt. Die Lichtabnahme war, nachdem er Sonnen- und Erdnähe passiert hatte, eine ziemlich rasche, und als er zuletzt beobachtet wurde, glich er an Helligkeit nur einem Stern 12. Größe, er stand dabei 65° südlich vom Äquator. Im ganzen ist er 9 Monate lang beobachtet und aus dem sehr großen Material, welches die meisten Sternwarten an Positionsbestimmungen zusammenbrachten, haben verschiedene Astronomen die Bahn mit möglichster Schärfe zu ermitteln versucht. Wir können aus diesen Rechnungen auf eine Umlaufszeit von rund 2000 Jahren schließen, und es ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß der Komet bereits in historischer Zeit gesehen worden ist. Die Angaben über Kometenerscheinungen aus der vorchristlichen Zeit sind aber doch zu unsicher, als daß sie zu einer Identifikation benutzt werden könnten. Es wird daher dies Bahnelement unsicher bleiben, bis etwa ums Jahr 3800 ein Komet sichtbar wird, dessen Bahnelemente auf

seine Identität mit dem Donatischen führen. Denn wenn auch im Vergleich zu anderen Kometen die Beobachtungszeit eine beträchtlich lange ist, so ist immerhin der von uns aus verfolgte Bogen der Bahn selbst noch sehr gering.

Seine Schweifentwickelung begann in der zweiten Hälfte August, aber erst vom 10. September an war die Zunahme eine raschere; zur Zeit der Sonnen- und Erdnähe entfaltete er sich in großartigster Weise, und von vielen wurde auch deutlich einer, an anderen Orten selbst zwei Nebenschweife gesehen; die Gestalt der Nebenschweife, ihre Richtung war wesentlich von der gekrümmten des Hauptschweifes verschieden. In der Figur 6 sind Haupt- und Nebenschweif so dargestellt, wie sie sich am 5. Okt. 1858 zeigten. Dabei ist, wie auch sonst häufiger beobachtet wurde, die Länge des sehr schmalen Nebenschweifes größer als die des Hauptschweifes. Die folgenden Zahlen geben eine Übersicht über die Entwickelung und wirkliche Länge und Breite der Schweife.

| Datum | Länge des Hauptschweifes | Breite desselben am Ende. |
|---|---|---|
| 1858 August 29 | 2° = 22 Mill. Kilom. | — } Mondschein |
| Sept. 8 u. 9 | 4° = 25 „ „ | — } Mondschein |
| „ 12 | 6° = 30 „ „ | — } Mondschein |
| „ 17 | 4° = 16 „ „ | — } Mondschein |
| „ 23 u. 24 | 7° = 19 „ „ | — } Mondschein |
| „ 25 | 11° = 26 „ „ | 2 1/2 Mill. Kilom. |
| „ 27 | 13° = 28 „ „ | — |
| „ 30 | 22° = 42 „ „ | 4 1/2 „ „ |
| Oktober 2 | 25° = 43 „ „ | 8 „ „ |
| „ 5 | 35° = 52 „ „ | 8 „ „ |
| „ 6 | 50° = 70 „ „ | — |
| „ 8 | 50° = 65 „ „ | 10 „ „ |
| „ 10 | 60° = 80 „ „ | 16 „ „ |
| „ 12 | 45° = 61 „ „ | — } Mondschein |
| „ 15 | 15° = 22 „ „ | — } Mondschein |

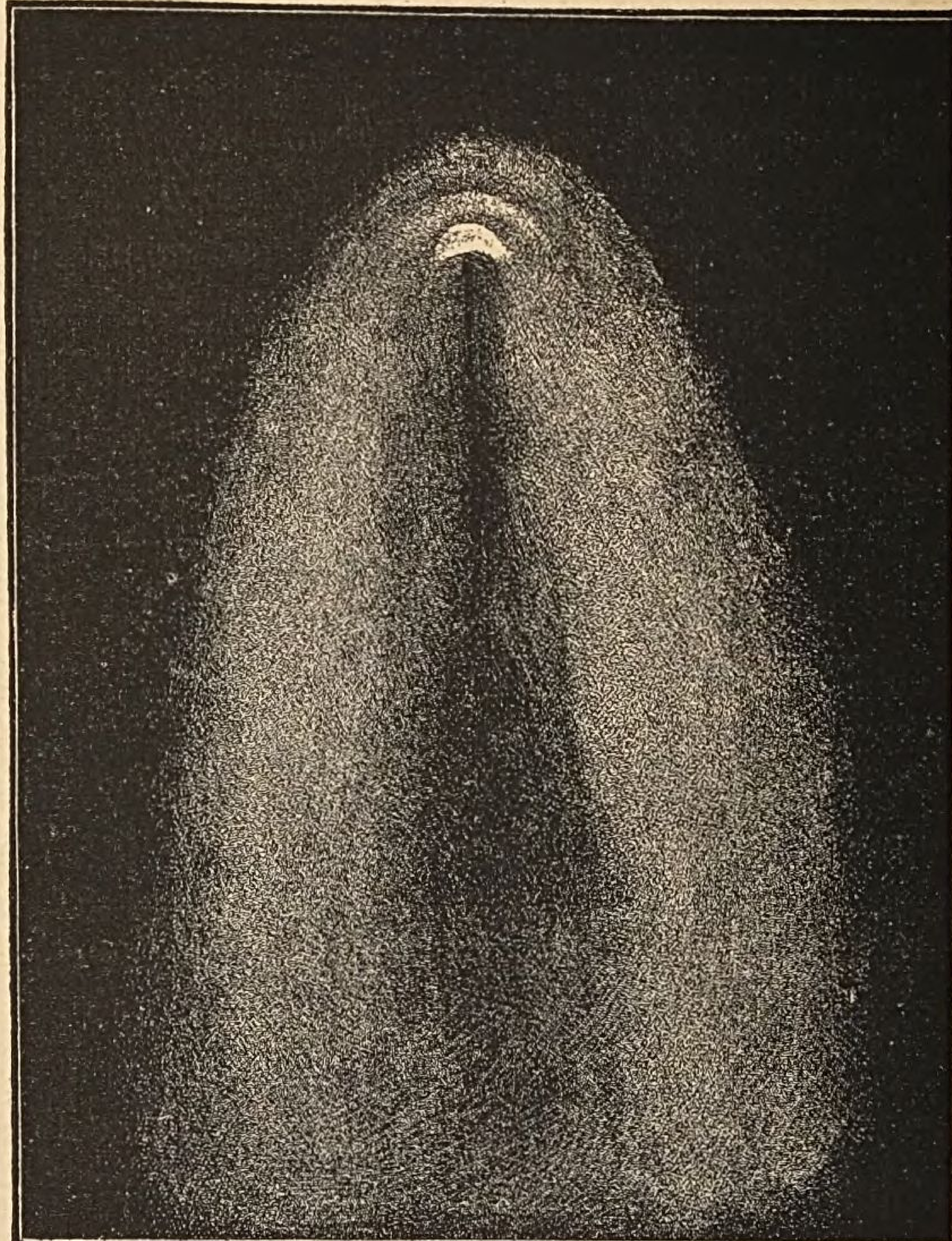
| | | Länge des Nebenschweifes | Breite desselben am Ende. |
|---|---|---|---|
| 1858 Oktober | 4 | $35^0 = 50$ Mill. Kilom. | $1^1/_2$ Mill. Kilom. |
| „ | 5 | $55^0 = 84$ „ „ | — } Mondschein |
| „ | 6 | $55^0 = 80$ „ „ | — } Mondschein |

Bei diesen Zahlen ist die Krümmung besonders des Hauptschweifes nicht berücksichtigt. Die Verkürzung zwischen dem 12. und 17. September ist unzweifelhaft dem Lichte des Mondes zuzuschreiben, ebenso die sehr rasche Abnahme vom 12. auf 15. Oktober. Gerade bei so nebligen Objekten ist die geringste Helligkeit des Hintergrundes von außerordentlichem Einfluß. Man sieht aber aus dieser Zusammenstellung, was schon an anderem Orte hervorgehoben, welche enormen Räume mit der unfaßbarsten Schnelligkeit von der Schweifmaterie angefüllt werden.

Das Bemerkenswerteste an der Erscheinung des Donatischen Kometen war die Bildung von Lichthüllen, die sich in rascher Folge vom Kern erhoben und abstießen, sodann eine eigentümliche Lichtsäule, die im Schweife selbst gesehen wurde. Die beigegebenen Abbildungen, welche von Bond und Pape nach dem Anblick im Fernrohr gezeichnet worden sind, dienen zur deutlichen Vorstellung, die ohne dieselben unmöglich mit Worten gegeben werden könnte. Mitte September zeigte sich zuerst an dem sehr scharfen und feinen Kern die merkwürdige Ausstrahlung, ohne daß jedoch damals schon tiefgreifende Änderungen stattgefunden hätten. Diese traten erst nach dem 20. September auf, indem dann vom Kopf zwei ungleiche Ströme ausgingen, die einen dunklen Raum zwischen sich ließen. Die Ausströmung war am 22. sehr lebhaft, an der linken Seite schärfer als an der rechten, ihre Richtung war seit dem vorhergehenden Tage beträchtlich nach links gerückt. Überhaupt ließ sich auch bei der weiteren Beobachtung feststellen, daß die Richtung dieser Ausströmungen Schwankungen unterlag. Da aber der Ausströmungssektor hier viel ausgebreiteter war, eine viel verwaschenere und unregelmäßigere Figur hatte als beim Halleyschen Kometen, so

war es auch hier beträchtlich schwieriger, die Richtung mit Sicherheit aufzufassen. Die Messungen der verschiedenen Beobachter sind darum schwer zu vergleichen und es hat sich nicht, wie z. B.

Fig. 16.

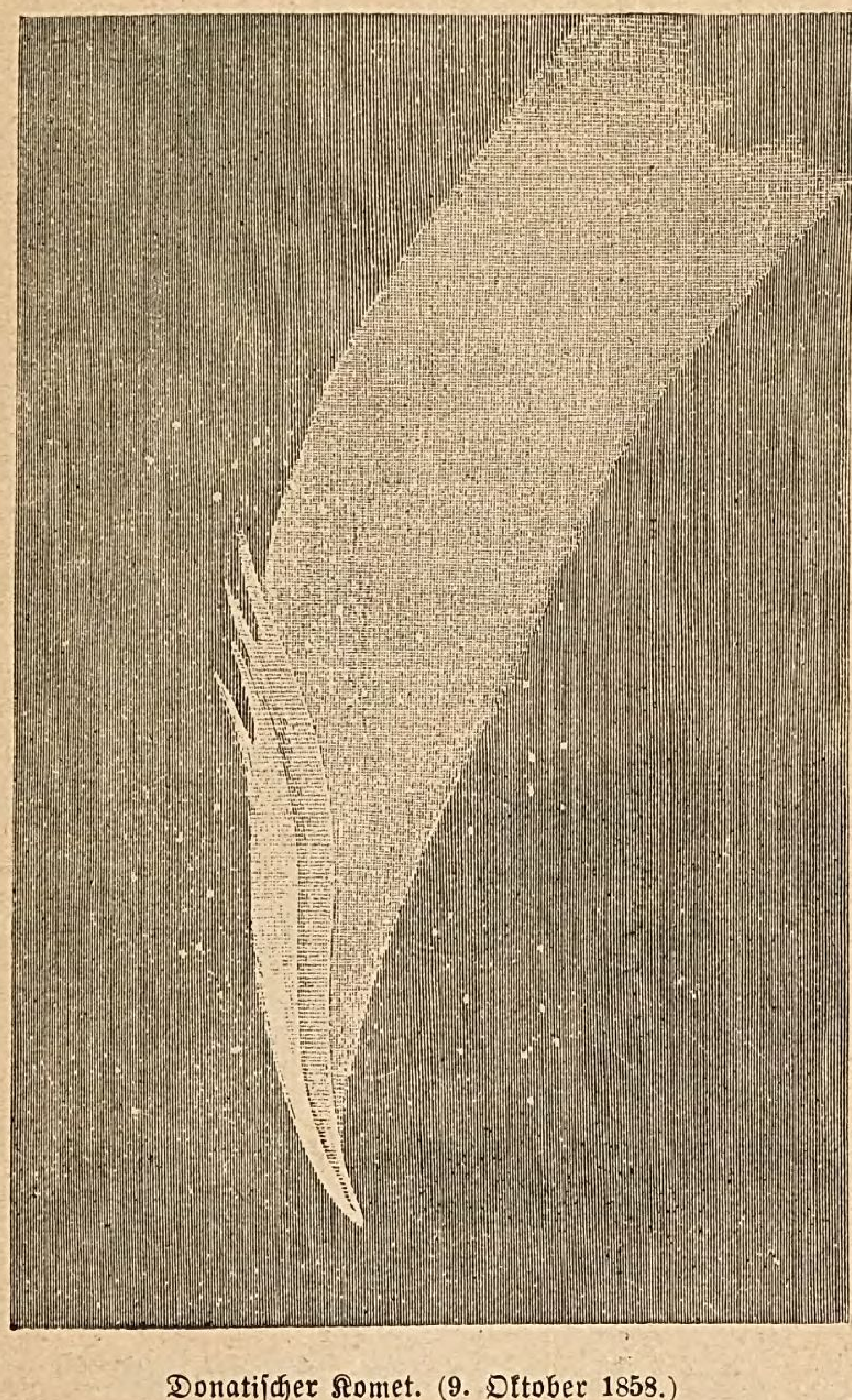


Lichthüllen des Donatischen Kometen 1858.

aus Bessels Beobachtungen, eine Schwingungsperiode erkennen lassen, sondern nur das Dasein einer veränderten Richtung. Nun bildeten sich aber auch die auf den Abbildungen deutlich hervortretenden lichten Hüllen mit dem zur Sonne gerichteten Scheitel. Der äußere Umriß der ersten Hülle war dunkel, eine zweite weniger helle war um den Kern sichtbar, aber auch diese durch

einen dunklen Bogen eingefaßt. Die Bildung der Hüllen wiederholte sich in den letzten September- und ersten Oktobertagen häufiger, und einmal war bei der Beobachtung Bonds der Kern ge-

Fig. 17.



Donatischer Komet. (9. Oktober 1858.)

rade im Begriff, eine neue Hülle abzuwerfen. Es zeigten sich „am Kerne Spuren einer beginnenden Eruption, zwei kleine Ströme leuchtender Materie gingen von ihm aus, jeder auf einer

Seite, vermutlich um dem nun sehr schnell wachsenden Schweife Lichtstoff zuzuführen.“ Die Hüllen schienen anfangs den Kern noch in halbmondförmiger Gestalt zu berühren und trennten sich dann erst vollständig von ihm ab. Diese Veränderungen am Kern waren von Anomalieen in dem anfangs regelmäßig gebildeten Schweif begleitet. Am 9. Oktober namentlich zeigte der Schweif einen sehr merkwürdigen Anblick. In einigem Abstand vom Kern trat aus der vorangehenden konvexen Seite eine helle Lichtsäule hervor, die sich mehrere Grade weit außerhalb des Schweifes verfolgen ließ. Ihr Licht war heller als das der nächstgelegenen Schweifteile, so daß man sie bis tief in den Schweif hinunter wahrnehmen konnte. Auf beiden Seiten war sie von ähnlichen aber schwächeren und kürzeren Säulen umgeben, die auf der linken Seite die Grenze des Schweifes durchbrachen und ihr ein unregelmäßiges Ansehen gaben, auf der rechten dagegen sich allmählich mit dem hellen Schweifgrunde vermischten, auf dem sie sich projizierten. Der Schweif war hierdurch in zwei Teile geteilt, einen unteren helleren und schmalen, und einen oberen sehr diffusen und ausgebreiteten.

Der Komet II 1861 ist nicht minder in der Erinnerung der Leser als der Donatische, er war noch glänzender als der letztere und erregte besonderes Aufsehen durch sein plötzliches Erscheinen im größten Glanze. In Sydney war er zuerst von einem Freunde der Astronomie Tebbutt gesehen, als er eben dem bloßen Auge kenntlich war. Sehr rasch entwickelte er sich zu auffallender Pracht, am 11. Juni war der Kern in Rio de Janeiro als Stern 2.3 Größe sichtbar und der nach Süden gewandte Schweif war bereits $40^0$ lang; von allen Sternwarten des Südens liefen später Nachrichten über diesen imposanten Kometen ein, aber leider gelangten sie erst nach Europa, nachdem der Komet mit sehr rascher nördlicher Bewegung des Kerns und schneller Wendung des Schweifes in gleicher Richtung plötzlich am 30. Juni über unserem Horizont sich erhoben hatte. Am 29. Juni hatte Schmidt in Athen noch abends den Himmel in

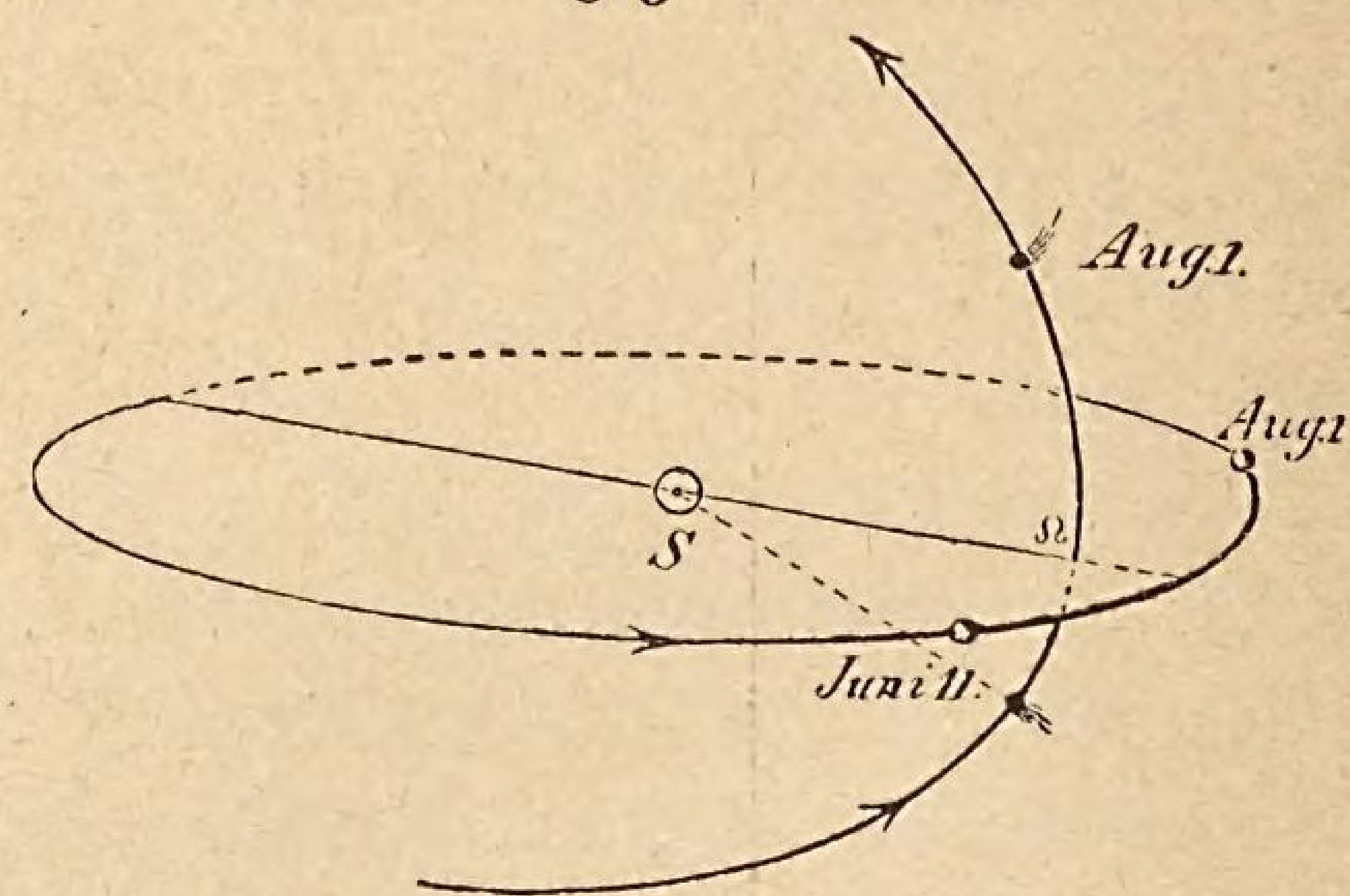
jener Gegend beobachtet und nichts gesehen, am 30. erschien der Kopf für das bloße Auge mondgroß, der Schweif hatte die ganz enorme Länge von 120°. Der Glanz war so stark, daß man anfangs eine Feuersbrunst zu sehen glaubte; Bäume und Häuser, die vom Kometenlicht getroffen wurden, warfen einen wenn auch matten, doch deutlich wahrnehmbaren Schatten, eine Beobachtung, die in gleicher Auffälligkeit und Sicherheit bisher nicht gemacht worden war. Allerdings war dieser Glanz nur an solchen Orten bemerkbar, die sich dunkler Sommernächte erfreuen konnten, in nördlichen Breiten war die Erscheinung des Kometen wegen der hellen Dämmerung bei weitem nicht so auffällig. Die Größe nahm überhaupt sehr rasch ab, schon in der zweiten Julihälfte war es schwierig den Kometen mit bloßem Auge zu sehen, dagegen bot er im Fernrohr noch außergewöhnlich lange die Möglichkeit der Beobachtung.

Die erste Bahnberechnung ergab, daß der Komet noch nicht in früheren Zeiten beobachtet, also kein periodischer war, indessen folgt aus der Bearbeitung des Gesamtmaterials eine Umlaufszeit von 420 Jahren. Der 30. Juni, also der Tag, an welchem er uns auf der nördlichen Hemisphäre zuerst sichtbar wurde, war der Tag seines größten Glanzes überhaupt, er war nur etwa 15 Millionen Kilometer von der Erde entfernt und bewegte sich nun von ihr fort, seine Sonnennähe hatte er bereits am 11. Juni passiert, also nahm auch die Entfernung von der Sonne zu. Sein plötzliches Sichtbarwerden auf der nördlichen Halbkugel ist durch die fast senkrechte Lage seiner Bahn gegen die Ekliptik erklärt. In der Figur 18 ist die Bahn des Kometen in Bezug auf die Ekliptik dargestellt, und aus der Betrachtung derselben wird diese zunächst so auffallende Thatsache sofort deutlich werden.

In der Nacht vom 28. und 29. Juni stand der Komet nahe zwischen Sonne und Erde, jedoch nicht so, daß ein Vorübergang vor der Sonne hätte stattfinden können. Aber bei der großen Länge des Schweifes lag die Frage nahe, ob nicht die Erde noch von Schweifteilchen berührt worden sein könnte. Es ist

natürlich nicht leicht, eine solche Frage, wenn die Grenzen der äußeren Erscheinung nicht ohne weiteres die Unmöglichkeit ergeben, mit Sicherheit zu entscheiden; die Schweifenden verlieren sich so allmählich, daß ihre Verfolgung am Himmel stets unsicher bleiben muß, und wir wissen, wie in solchen Fällen die geringsten Nebenlichter von Bedeutung sind. Nach den eingehenden Untersuchungen Papes hat sich jedoch mit beträchtlicher Wahrscheinlichkeit ergeben, daß eine solche Berührung nicht hat stattfinden können. Die Länge des Schweifes war überhaupt trotz der grö-

Fig. 18.



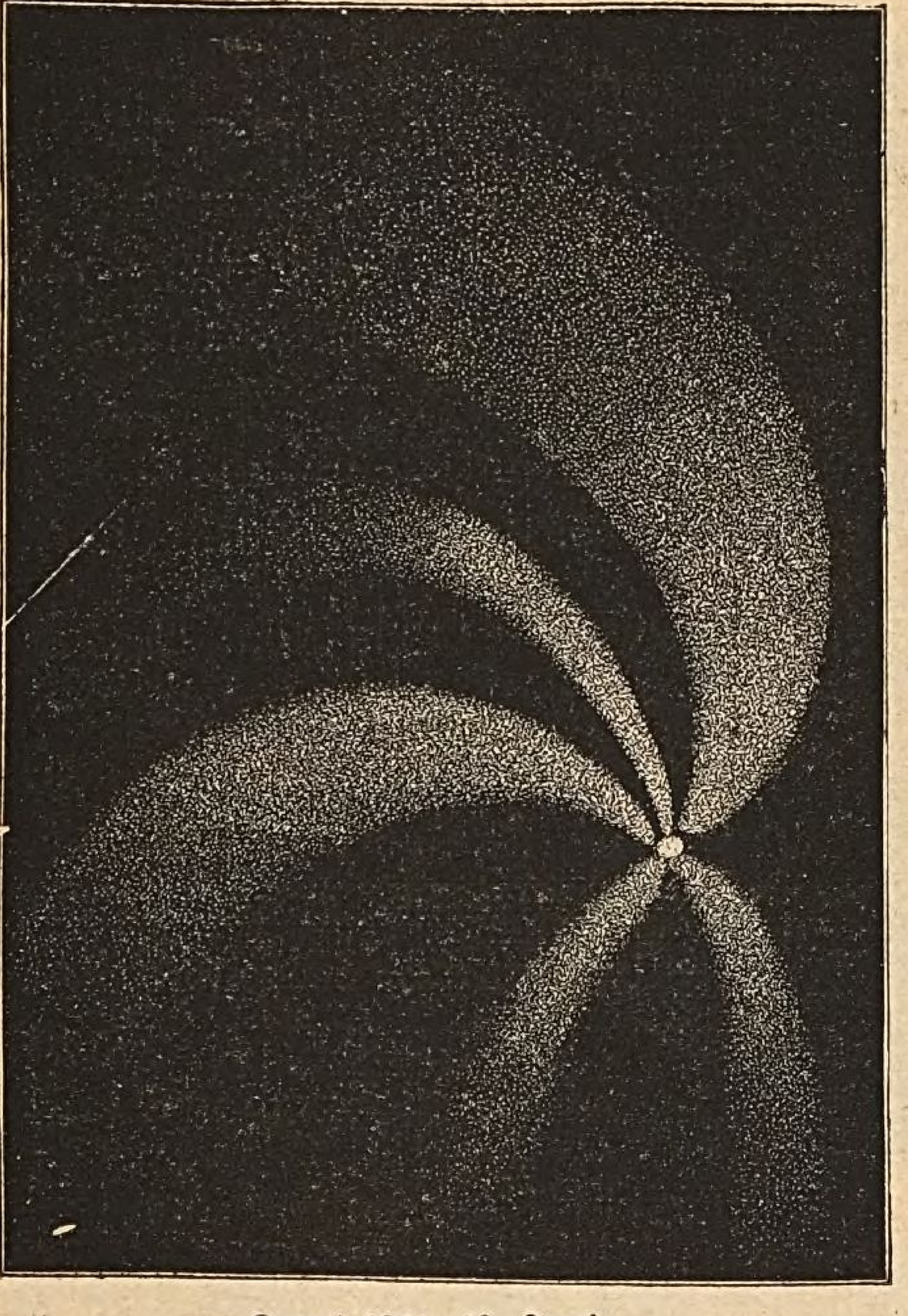

Bahn des großen Kometen von 1861.

ßeren Ausdehnung am Himmel doch nicht in Wirklichkeit so groß wie beim Donatischen. Der Grund liegt in der größeren Entfernung des letzteren; hier mußte dem kleineren Winkel eine größere absolute Dimension entsprechen. Unter Berücksichtigung der Entfernung des Kometen von 1861 hat die wahre Länge des Schweifes etwa 35 Millionen Kilometer betragen.

Im Fernrohr bot der Kopf einen sehr merkwürdigen Anblick. Am 30. Juni zeigte er sich im Moskauer Refraktor (Beobachter Schweizer) wie ein von oben gesehener, vom Winde zur Seite gewehter Haarbusch, oder wie ein bei Feuerwerken vorkommendes Feuerrad, das aber keinen regelmäßigen Glanz angenommen hat. Vom Kerne gingen 5 gekrümmte Lichtbüschel aus, von denen 4 die Krümmung nach derselben Richtung, der

fünfte nach entgegengesetzter zeigte. Der Kern selbst erschien länglich, wenn nicht gar doppelt, letzteres konnte aber nicht mit Sicherheit konstatiert werden. Am 1. Juli hatte sich eine Art Fächer in der Nähe des Kernes gebildet, es schienen sich die tags zuvor wahrgenommenen Lichtbüschel im Kleinen zu wieder-

Fig. 19.



Komet 1861, 30. Juni.

holen. Dieser wirbelförmige Fächer war von einem Nebelmantel umgeben, der sich an der linken Seite in zwei Teile spaltete und zur rechten eine Einbiegung zeigte. Am 2. Juli war wiederum eine bedeutende Veränderung vor sich gegangen, der Fächer war kleiner und regelmäßiger geworden. Er war in ziemlicher Ausdehnung von einem herzförmigen Gebilde umgeben, das nach

unten aber nicht in eine Spitze, sondern in zwei Zungen sich endigte. Vom Kern abwärts nach der Seite des Schweifes hin ging eine dunkle, eigentlich nur mit dem Sommerdämmerlicht erfüllte Bucht; das Ganze wurde links noch von einem schwachen lichten Bogen, wohl einem Teil des Schweifes, umgeben. Diese Einzelheiten in der ungemein unregelmäßigen Bildung des Kopfes

Fig. 20.



Komet 1861, 1. Juli.

nahmen nach dem 2. Juli rasch an Deutlichkeit ab. Aber auch bei diesem Kometen wurde von Schmidt, Bond u. a. wie bei dem Donatischen Kometen die Bildung der eigentümlichen Hüllen beobachtet. (Fig. 22 u. 23.) Es entstanden in Perioden von 2—3 Tagen nicht weniger als 11 solcher Hüllen, indessen wurde die Schwankung in der Lage der Ausströmung nicht wahrgenommen.

In der Erscheinung fürs bloße Auge war der jetzt zu be-

sprechende Komet 1862 II von viel geringerem Glanze als die beiden eben erwähnten. Aber um so größeres Interesse boten seine Beobachtungen im Fernrohr und seine Bahn. Was zunächst letztere betrifft, so hat er sich als entschieden periodisch ergeben, indem er eine Umlaufszeit von 124 Jahren, also eine bei den größeren Kometen immerhin ziemlich kurze, hat. Von höherer Wichtigkeit als dieses Element ist aber der Umstand,

Fig. 21.

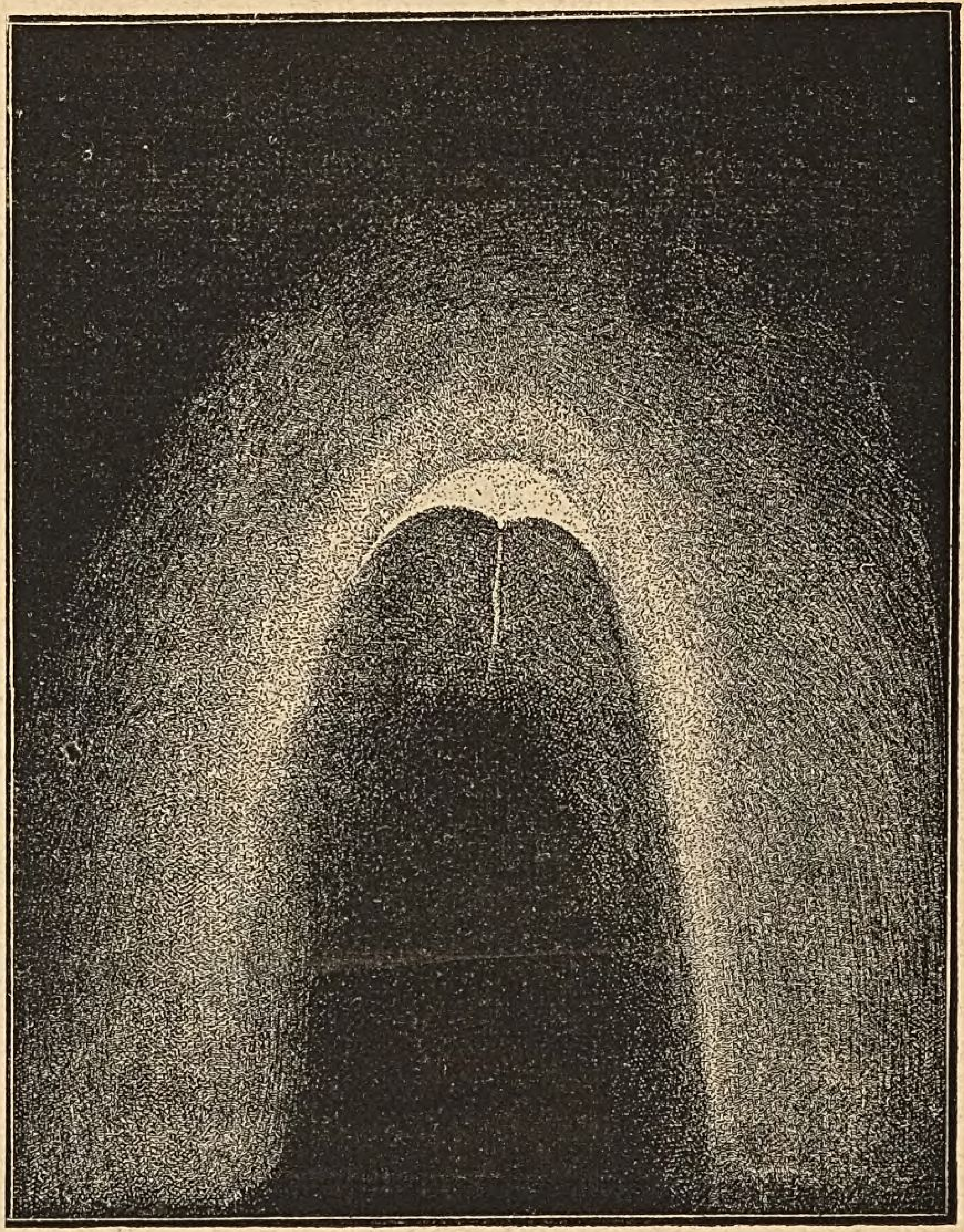


**Komet 1861, 2. Juli.**

daß er in derselben Bahn wie der Auguststernschnuppenschwarm einherzieht und zuerst zur Erkennung des Zusammenhanges der Sternschnuppen und Kometen, über den später ausführlicher zu handeln ist, geführt hat. — Der Komet wurde gleichzeitig und unabhängig an 6 Orten um die Mitte Juli entdeckt, nämlich von Swift in Marathon (U. S.), Simons in Albany (U. S), Tuttle in Cambridge (U. S.), Pacinotti in Florenz, Rosa in Rom und Schjellerup in Kopenhagen. Um die Mitte August

wurde er dem bloßen Auge sichtbar, blieb aber immer nur mäßig hell, sein Schweif entwickelte sich bis auf kaum 20°. Trotzdem würde er auch für das größere Publikum eine auffallende Erscheinung gewesen sein, wenn er in einer an großen Kometen ärmeren Zeit sichtbar geworden wäre.

Fig. 22.



Lichthüllen am Kometen 1861.

In besonders hervortretender Weise wurde bei diesem Kometen die Ausströmung wie beim Halleyschen wahrgenommen. Winnecke, Bond, Schweizer, die Astronomen der Leidener Sternwarte haben zum Teil sehr sorgfältige Abbildungen gefertigt.

Aus diesen geht auch hervor, daß regelmäßige pendelartige Schwingungen wie beim Halleyschen vorkamen, also im Gegensatz zu den nicht deutlich wahrgenommenen Schwingungen am Komet Donati und 1861. Die Periode betrug etwa 3 Tage. Aber außer dieser Periode zeigte das Kernlicht auch periodische

Fig. 23.

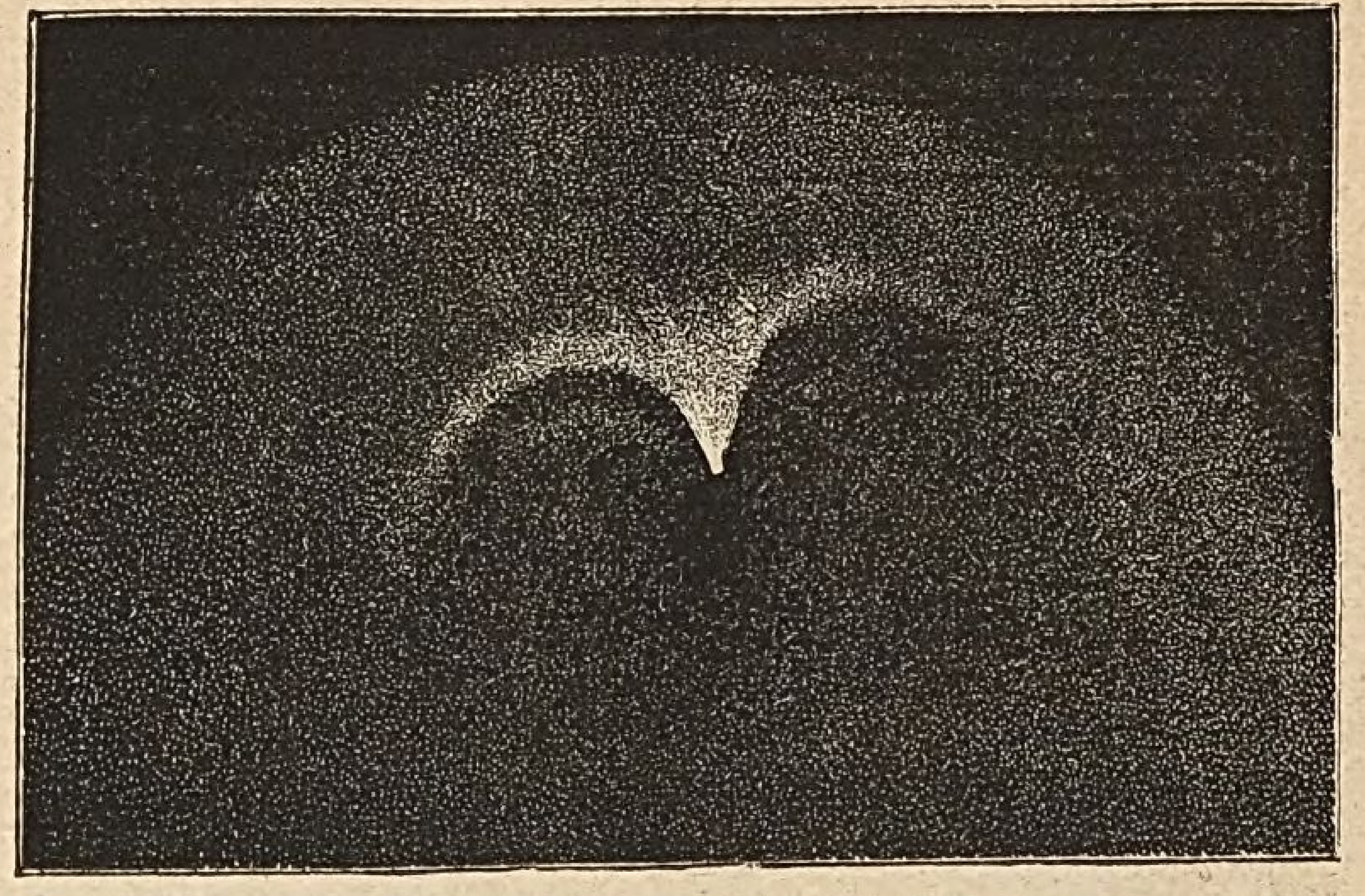


Lichthüllen am Kometen 1861.

Schwankungen, und die Amplitude derselben war in voller Übereinstimmung mit der der Ausströmung. Es bestand ferner eine Analogie mit den Hüllen, welche bei den vorigen Kometen beobachtet waren; auch hier stiegen solche stetig vom Kern auf, wurden beim Aufsteigen schwächer und schwächer und verschwanden dann. Eine von Bessel zur Erklärung der Erscheinungen

angenommene Repulsivkraft, die vom Kern ausgeht, wird zur Erklärung der hier beobachteten Vorgänge ebenfalls angenommen.

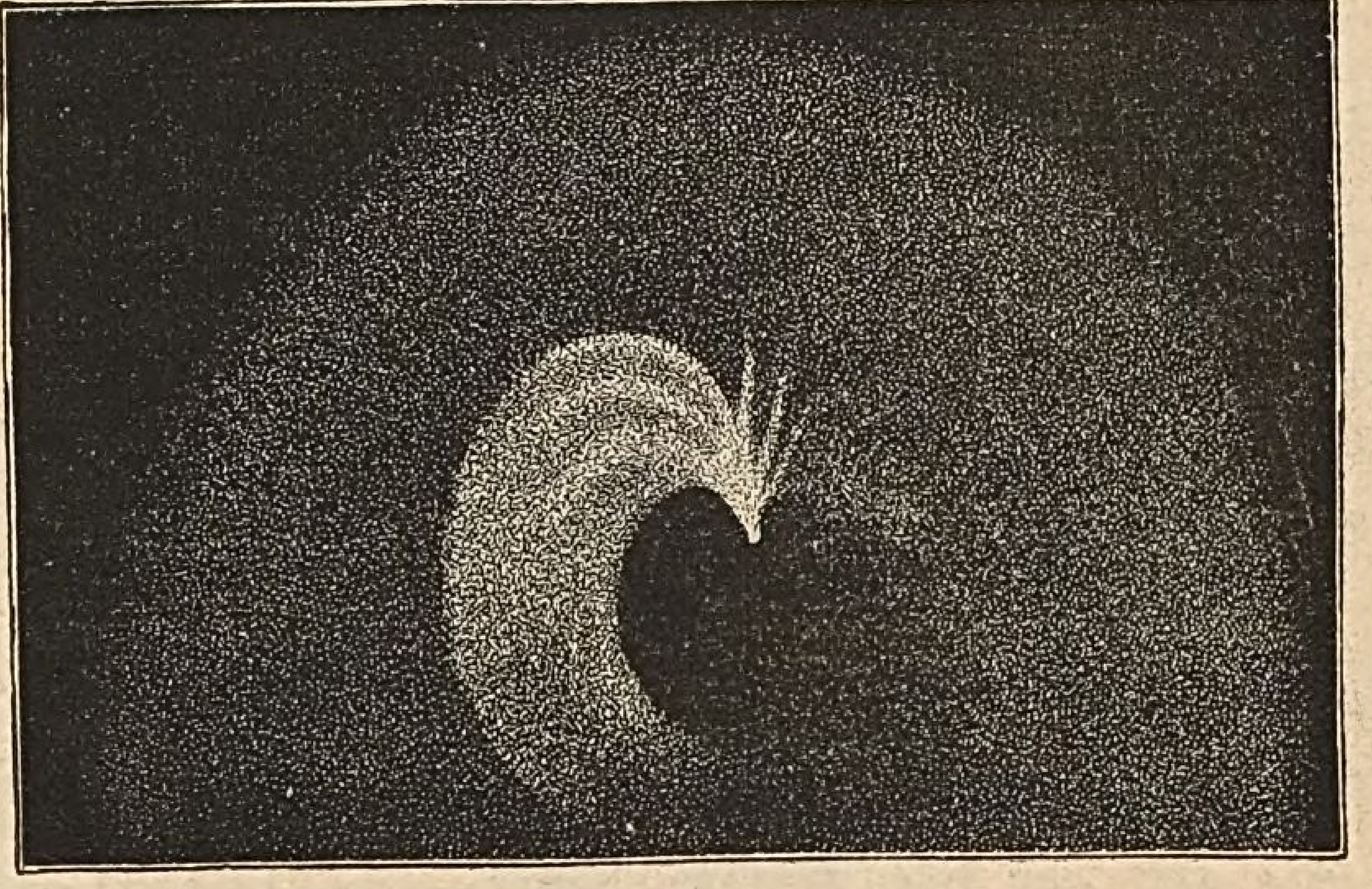
Fig. 24.



Komet 1862 II. August 21, 9h.

Ein sehr auffälliger Unterschied zwischen den Beobachtungen am Halleyschen Kometen und denen dieses Kometen liegt aber nach

Fig. 25.



Komet 1862 II. August 24, 9h.

Winneckes Angabe darin, daß die Ausströmung nicht in der Ebene der Bahn und die Schwingung nicht um eine auf der Bahnebene senkrecht stehende Axe, sondern um eine gegen die

Senkrechte stark geneigte Axe vor sich geht unter zum Teil sehr bedeutenden Winkeln. Wir sehen also wieder, wenn sich auch

Fig. 26.



Komet 1862 II. August 26., 9h.

vielfach Analogieen und Übereinstimmungen in den Vorgängen am Kometenkern zeigen, so treten doch auch immer neue Kom-

Fig. 27.

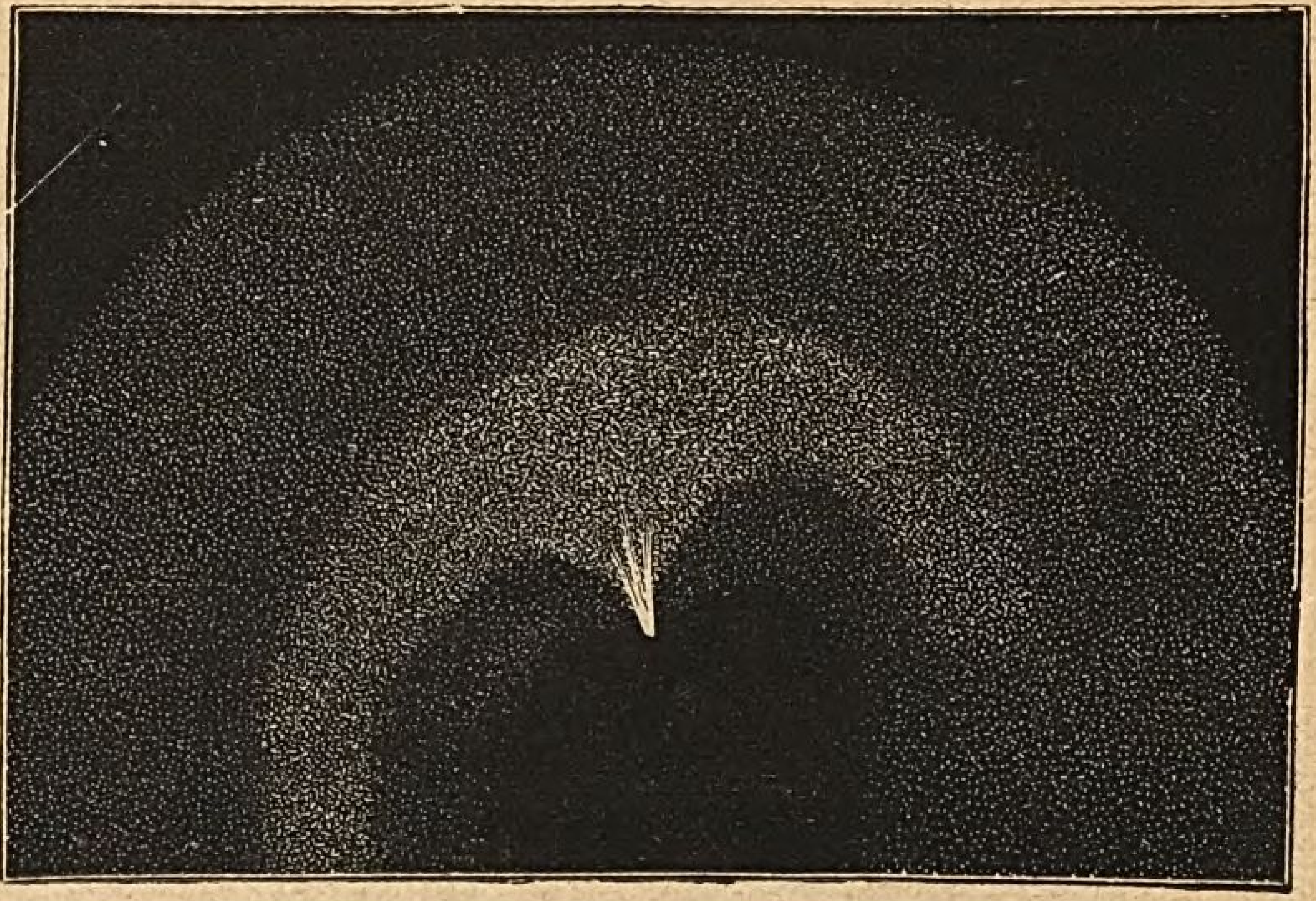


Komet 1862 II. August 28., 9h.

plikationen auf, welche die Unterbringung unter eine Erklärungsform außerordentlich erschweren. — Auch von diesem

Kometen sind hier einige Abbildungen gegeben, die aber einer genaueren Erklärung nicht mehr bedürfen. Fig. 24—35.

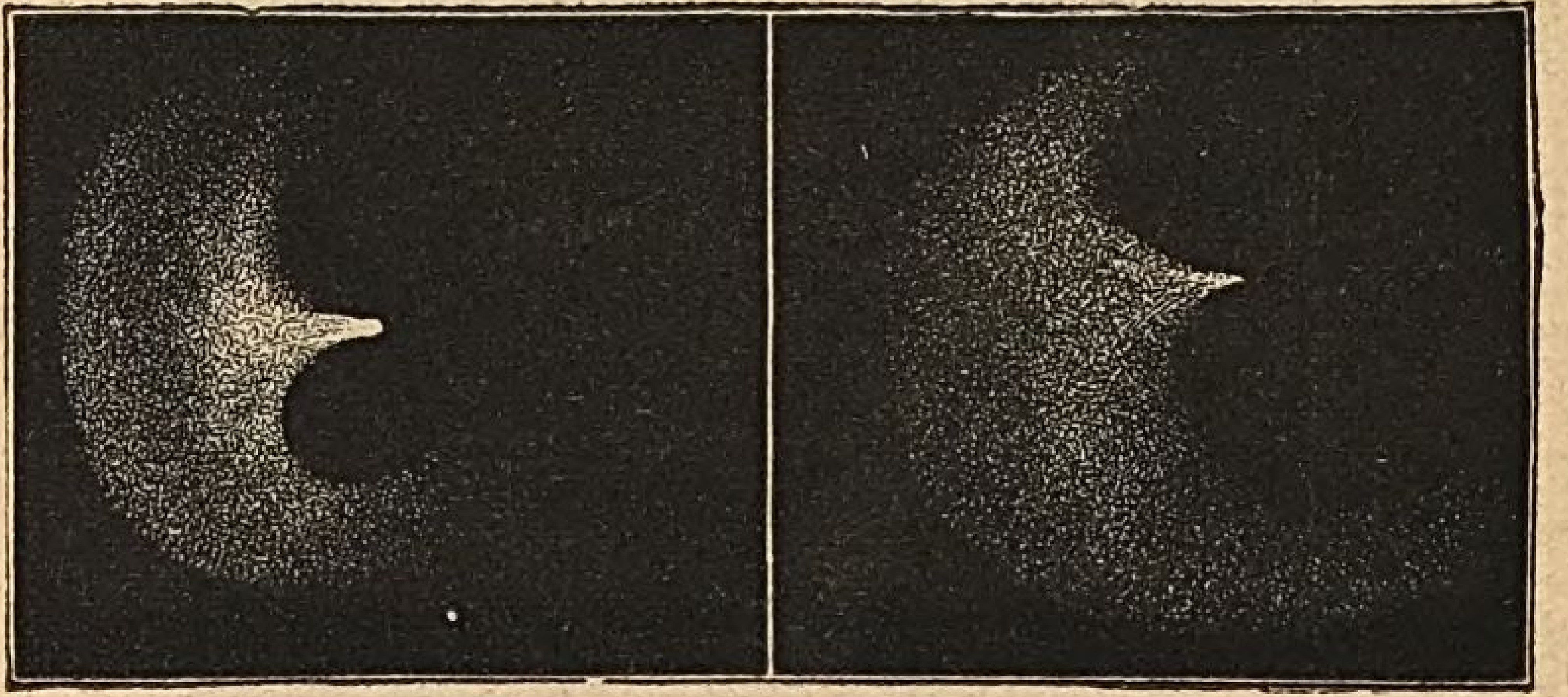
Fig. 28.



**Komet 1862 II., September 4, 9h.**

Nach diesem Kometen folgte eine längere Zeit, während welcher kein heller Komet erschien, erst das Jahr 1874 brachte uns wieder einen solchen. Derselbe wurde am 17. April 1874

Fig. 29. Fig. 30.



**Komet 1862 II.**
**August 23., 9h.** **August 25., 11h.**

im Sternbild der Giraffe von Coggia in Marseille entdeckt; anfangs war er schwach und unterschied sich in keiner Weise von den gewöhnlichen teleskopischen Kometen; seine Bewegung war außerordentlich langsam, so daß auch seine Bahnbestimmung be-

trächtliche Schwierigkeit verursachte. Es ließ sich jedoch nach einiger Zeit, als das Material der Beobachtungen ausgedehnter geworden war, immerhin für den Juni und Juli eine glänzendere Erscheinung voraussagen. Anfang Juli wurde er dem bloßen Auge sichtbar, er stand fast noch an derselben Stelle des

Fig. 31



Fig. 32.



Komet 1862 II.

August 27., 10h. August 29., 10h.

Himmels, wo er entdeckt worden war, begann aber nun unter gleichzeitiger rascher Lichtentwickelung mit stark beschleunigter

Fig. 33.



Fig. 34.



Komet 1862 II.

August 30., 9h. August 31., $8^1/_2$h.

Bewegung südwärts zu gehen. Der Schweif bildete sich nun auch mehr und mehr aus, anfangs Juli betrug seine Länge ca. 15°, vom Kopf aus nahm er sehr rasch an Helligkeit ab und

erschien nur mäßig gekrümmt. Am 9. Juli passierte der Komet seine Sonnennähe in einer Entfernung von noch über 100 Millionen Kilometer, näherte sich aber nun noch der Erde. Während dieser Zeit gewann der Schweif immer mehr an Ausdehnung, in den Tagen vom 15.—23. Juli reichte er um die Mitternachtszeit, als der Kopf längst unter dem Horizont verschwunden war, wie ein glänzender breiter Nordlichtstrahl weit am Himmel hinauf. Seine Länge betrug damals ca. 60 Grad. Nun ging der Komet immer südlicher, so daß in unseren Breiten die Beobachtungen nicht fortgesetzt werden konnten. Auf der südlichen Halbkugel wurde er jedoch in stets abnehmender Helligkeit noch bis Anfang Oktober verfolgt.

Fig. 35.



Komet 1862 II.
September 4., 9h.

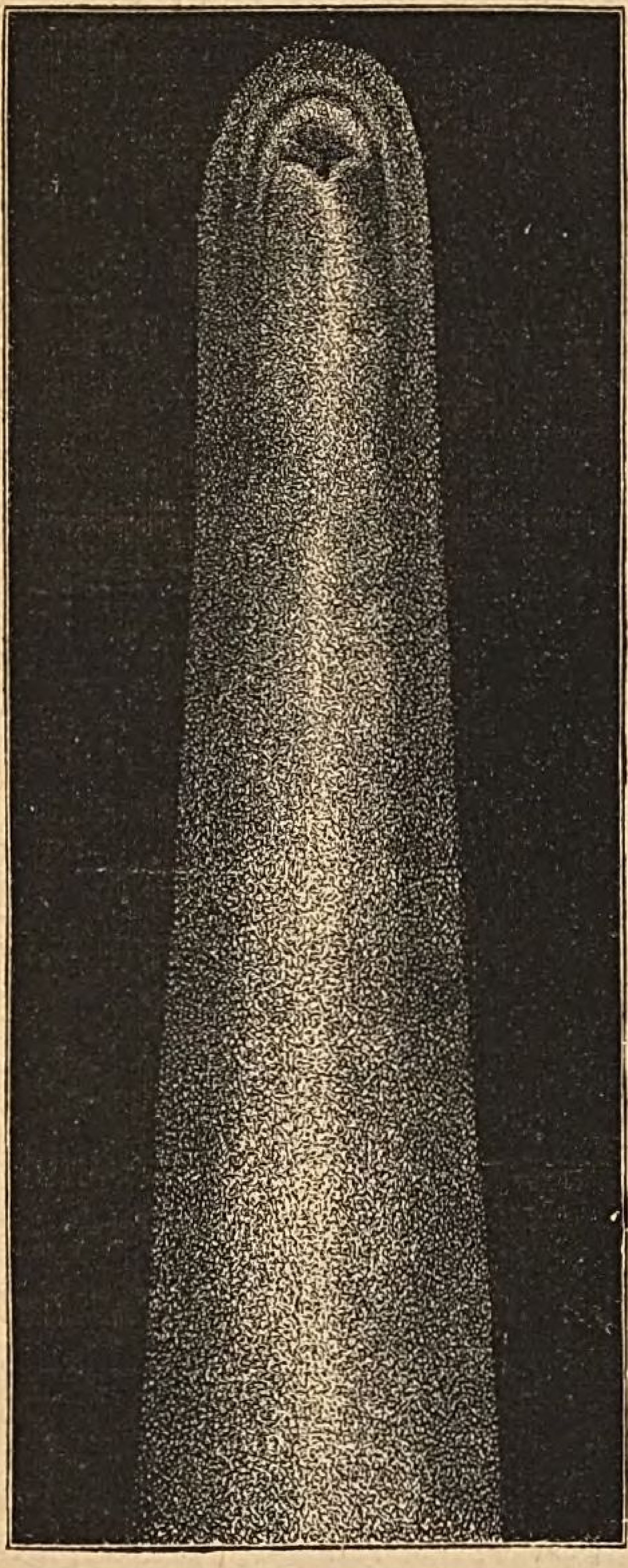
Die Unregelmäßigkeiten am Kern traten auch hier deutlich im Fernrohr hervor und schienen wieder neue Eigentümlichkeiten zu bieten. Die Hüllen waren nämlich unzweifelhaft vorhanden, aber anstatt konzentrisch, wie beim Donatischen Kometen, schienen sie hier exzentrisch zu liegen. Unter den sehr zahlreichen Abbildungen, welche von diesem Kometen gemacht worden sind, haben wir hier zwei ausgewählt, welche durch die Einbiegung oder den Bruch an der äußeren Hülle besonders bemerkenswert sind.

Endlich sei hier noch der schöne Komet aus dem Jahre 1881 erwähnt. Im Jahre 1880 wurde auf der südlichen Halbkugel plötzlich ein sehr heller Komet gesehen, auf den wir noch an anderer Stelle zu sprechen kommen werden. Da dieser Komet bei gehöriger Aufmerksamkeit wohl früher hätte gesehen werden können und die geringe Anzahl der noch möglich gewordenen Beobachtungen Zweifel in der Bahnbestimmung ließen, so hatte Tebbutt in Windsor sich entschlossen, um gegen ähnliche Vorkommnisse einigermaßen gesichert zu sein, allabendlich nach Sonnenuntergang den Westhimmel so oft als möglich, vor Sonnenaufgang den Osthimmel zu durchmustern, ob etwa dem bloßen Auge

sichtbare Kometen vorhanden wären. Am 22. Mai 1881 wurde er abends $6^1/_4$ Uhr auf ein nebliges Objekt im Sternbild der Taube aufmerksam, es erschien ohne Fernrohr wie einer der zahlreichen kleinen Sternhaufen, die in der Nähe der Milchstraße stehen, in einem Marinefernrohr lösten sich in der That zwei Sterne ab, aber es blieb noch der Kern und die Koma eines Kometen übrig, in einem mäßigen $4^1/_2$zölligen Fernrohr wurde die kometarische Beschaffenheit konstatiert, wenngleich auch keine Spur eines Schweifes zu erkennen war. Der Kern war glänzend und glich einem Stern 7. Größe, die Koma war im Fernrohr scharf begrenzt. Am nächsten Abend traten Spuren des Schweifes hervor, das Objekt zeigte eine noch langsame aber doch zunehmende Bewegung. Um dieselbe Zeit, nur einige Tage später, wurde der Komet auch am Kap der guten Hoffnung, in Südamerika u. s. w. gesehen. Seine nach Norden gerichtete Bewegung ließ seine Erscheinung in nördlichen Breiten etwa um die zweite Hälfte Juni erwarten. Durch seine Bahnelemente bot er gleich anfangs ein ungewöhnliches Interesse. Gould in Cordoba (A. R.) hatte, nachdem er den Kometen am 25. Mai entdeckt und ihn an drei Tagen beobachtet hatte, sofort eine Bahn gerechnet, und das Resultat veranlaßte ihn ein Kabeltelegramm nach Europa zu senden mit den Worten: „Komet 1807 in 5 Uhr Rektascension und 30 Grad südlicher Deklination.“ In der That zeigten die Elemente eine ganz auffallende Ähnlichkeit mit denen des Kometen 1807. Aber es bestanden gerade in vorliegendem Falle außerordentliche Schwierigkeiten gegen die Annahme einer Identität dieser beiden Kometen. Der Komet des Jahres 1807 war nach langer Pause als heller Komet erschienen und zuerst von Thulis in Marseille am 22. September beobachtet, wie sich jedoch herausstellte, schon am 9. Septbr. von einem Augustinermönch in Castro Giovanni auf Sizilien zuerst gesehen worden. Er wurde dann bei jeder Gelegenheit soviel als möglich von Bessel, Olbers, Oriani u. a. bis Ende Februar, in Petersburg sogar bis Ende März beobachtet, so daß sich das Beobachtungs-

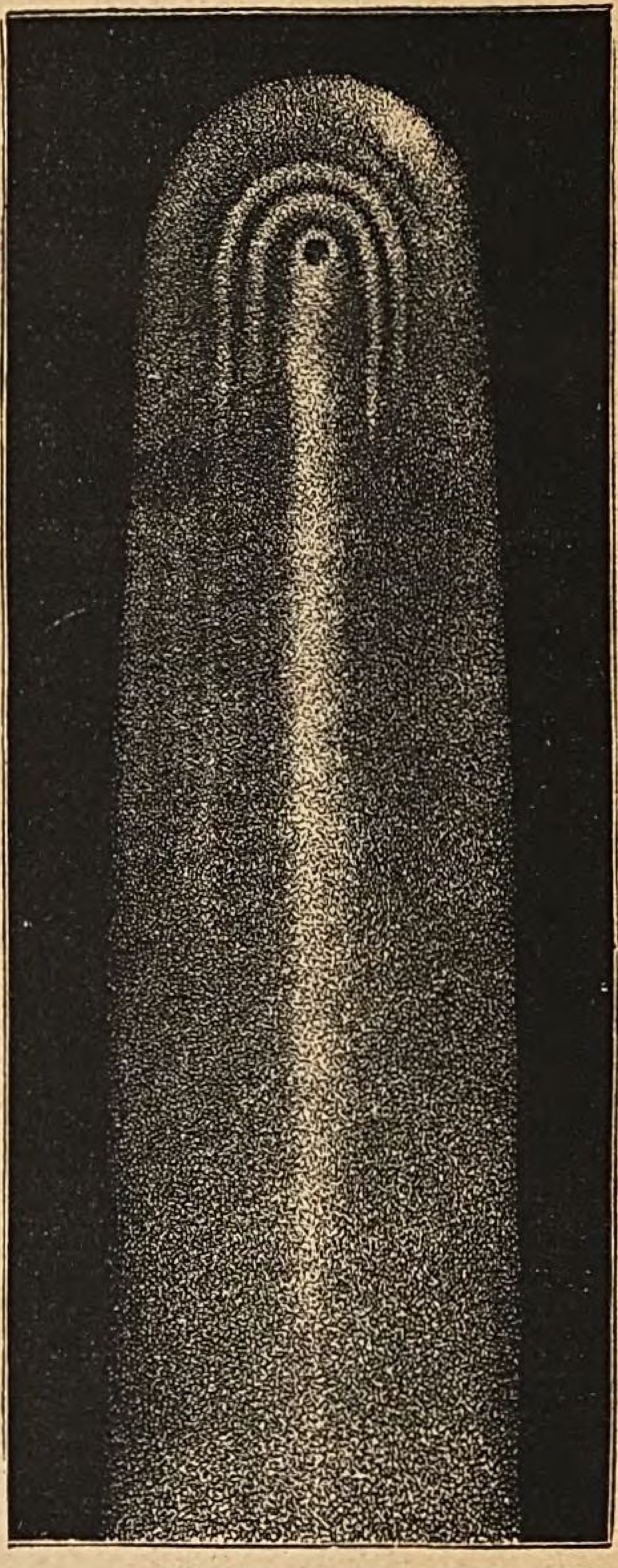
material über einen Zeitraum von nahe 6 Monaten erstreckte. Bessel berechnete anfangs wie üblich eine parabolische Bahn, fand aber bald Andeutungen für die Abweichung von der Parabel im

Fig. 36.



Komet Coggia (1874).

Fig. 37.



Komet Coggia (1874).

Sinne einer Ellipse. Mit großer Genauigkeit ergab sich denn aus der sorgfältigen Bearbeitung sämtlicher Beobachtungen eine Umlaufszeit von 1714 Jahren. Bessel untersuchte nun auch den etwaigen Einfluß der Störungen seitens der großen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus, dabei stellte sich heraus, daß nur die

Störungen des Jupiter merkbar wurden, daß dieselben aber die Exzentricität dergestalt verringern mußten, wodurch die Umlaufszeit etwa um 170 Jahre verkürzt wurde. Naturgemäß bleibt bei einer so langgestreckten Bahn und einer doch verhältnismäßig kurzen Beobachtungszeit die Rückkehr in ziemlich hohem Grade unsicher. Bei dem Kometen 1807 trat nun ein merkwürdiger Fall ein, der noch Erwähnung verdient. Olbers machte darauf aufmerksam, daß die Erde in ihrer Bahn dem Kometen sich wieder im Oktober und November 1808 nähern müsse, so daß es nicht unwahrscheinlich wäre, den Kometen dann noch wieder auffinden zu können. Von wie großer Wichtigkeit solche Beobachtungen gewesen wären — sie hätten die Zeit um mehr als ein halbes Jahr ausgedehnt — ist begreiflich. Die von Bessel schon damals berechnete Bahn war zwar noch nicht die definitive, aber doch so sicher, daß der Ort, wo sich der Komet am Himmel zeigen mußte, vorausberechnet werden konnte. Olbers suchte an der gegebenen Stelle, fand jedoch nichts, aber da seine optischen Hilfsmittel im Vergleich zu denen, über welche Bessel in Lilienthal gebot, sehr gering waren, so lag hierin noch kein Beweis gegen die Möglichkeit der Beobachtung. Bessel suchte nun an einigen sehr sternhellen Nächten und erblickte wirklich in der Nähe des Orts einmal ein nebliges Objekt, welches später nicht wieder gesehen werden konnte, sich auch merkbar im Laufe weniger Stunden bewegt hatte. Es schien zunächst kein Zweifel, daß dies der Komet 1807 war, der uns nochmal einen letzten Blick zusendete. Aber die genauere Berechnung der Beobachtung ergab doch für den Ort eine größere Abweichung als nach den Elementen der Besselschen Bahn zulässig erschien und sowohl Bessel als auch Olbers entschieden sich für die Nichtidentität, es mußte vielmehr angenommen werden, daß der Zufall einen andern Kometen gerade an jenen Ort geführt hatte. Wäre das von Bessel entdeckte Objekt noch an zwei andern Tagen gesehen worden, so hätte sich für dieses wenigstens genähert eine Bahn berechnen lassen — so blieb die Entdeckung ganz resultatlos, ebenso wie die des später

zu erwähnenden Pogsonschen Kometen, dessen Erscheinen bei Gelegenheit des Sternschnuppenfalls 1872 und den Zweifeln über das Schicksal des Bielaschen Kometen so großes Interesse erregte.

Unter Berücksichtigung der Besselschen Berechnung der Bahn des Kometen 1807 mußte man bald die erste Vermutung der Identität dieses Kometen mit dem des Jahres 1881 fallen lassen; es lag hier ein neues Beispiel der nicht allzu lange vorher erwiesenen Thatsache vor, daß mehrere Kometen in derselben Bahn wandeln und so möglicherweise auf denselben Ursprung zurückführen. Hier war es nur auffallend, daß zwei in gleicher Weise durch Helligkeit und Glanz ausgezeichnete Objekte sich relativ dicht auf einander in derselben Bahn folgten. Die fortgesetzten Beobachtungen des Kometen 1881 zeigten übrigens auch keine merkbare Abweichung von der Parabel und wenn auch die Bearbeitung des ganzen Materials noch nicht in abschließender Weise erfolgt ist, so hätte doch jedenfalls bei einer Umlaufszeit von 74 Jahren eine Abweichung auch bei den vorläufigen Untersuchungen zu Tage treten müssen.

Im Laufe des Juni wurde der Komet auf den südlichen Sternwarten mit Aufmerksamkeit beobachtet und da man in unsern Gegenden durch die zahlreichen Depeschen auf die Erscheinung vorbereitet war, so blickte man mit Spannung allnächtlich nach ihm aus. Endlich wurde er am 22. Juni, nachdem er am 16. seine Sonnennähe passirt hatte, in beträchtlichem Glanze mit etwa 20 Grad langem Schweife gesehen und er zog nun nicht allein die Aufmerksamkeit der Astronomen, sondern auch die des Volkes in den schönen Sommernächten auf sich. Im Fernrohr zeigten sich nun bald auch an ihm die frappantesten Veränderungen und Umwälzungen in ganz kurzen Zeitperioden. Sie waren so auffallend, daß eine Dame, welcher der Komet zwei Abende nach einander im Fernrohr gezeigt wurde und welche absichtlich von dem Astronomen ganz in Unkenntnis über die Vorgänge gelassen war, am zweiten Abend behauptete, das Fernrohr müsse nicht richtig für ihr Auge gestellt sein, da

sie nichts von der schönen und scharfen Lichtausstrahlung des vorigen Abends, sondern nur eine verschwommene neblige Masse sehen könne. In mäßigen Fernröhren sah man am Kern eine Lichtausströmung, als ob im Kometen noch ein kleiner Miniaturkomet stände. Dieser bewegte sich in sehr rascher Weise im Laufe

Fig. 38.

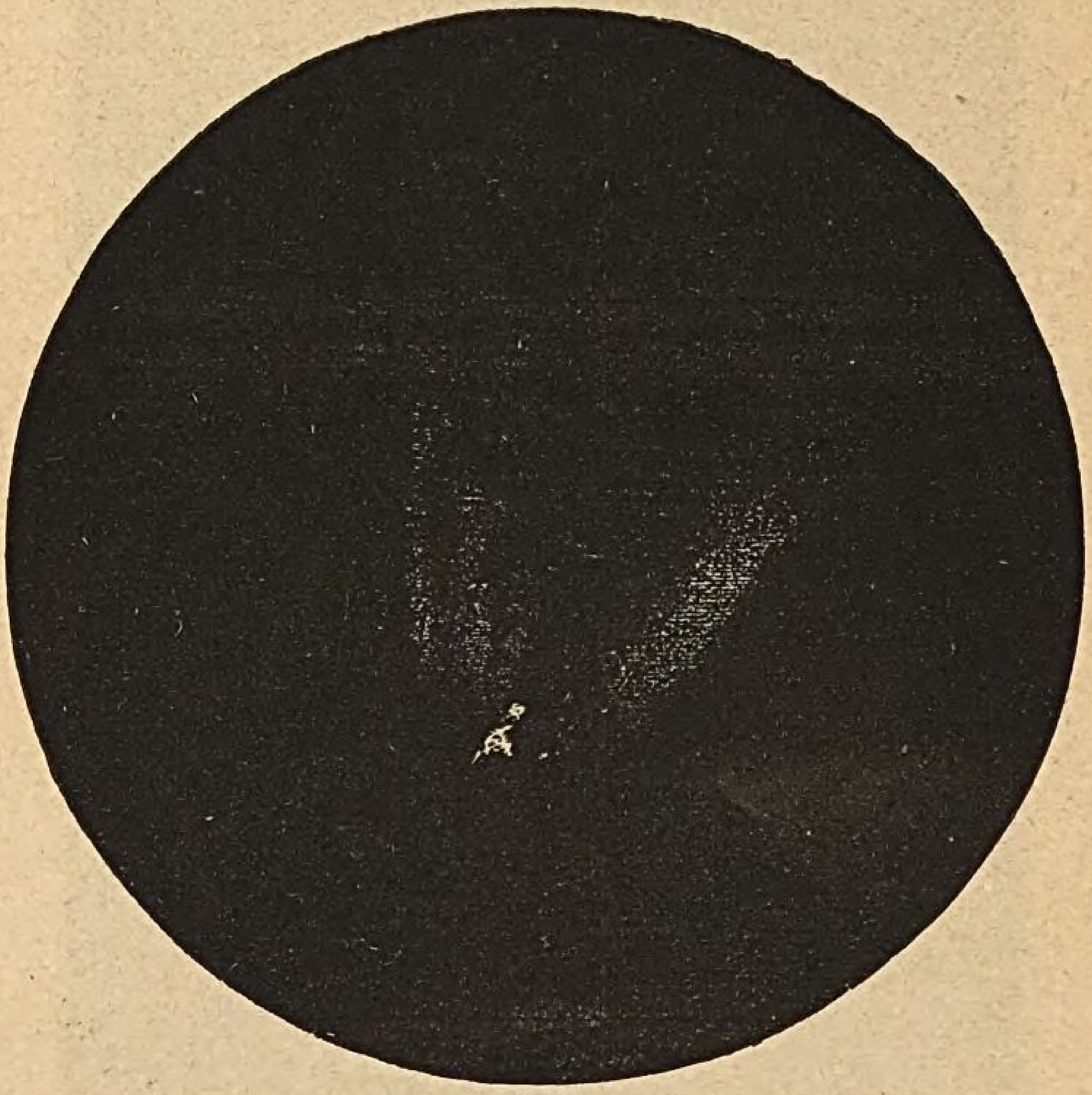


Komet 1881 nach Newall, Juni 27.

der Nacht seitwärts, verschwand später gänzlich, um in erneuter Deutlichkeit wieder hervorzutreten. In großen Fernröhren, wie z. B. in dem Riesenrefraktor Newalls waren noch ungleich mehr Details zu sehen. Dieser Beobachter, dessen Zeichnungen in den Figuren 38, 39, 40 gegeben sind, sah den Kometen am 22. Juni zunächst durch eine Wolkenlücke, dann in den folgenden Nächten ordentlich. Die Farbe schien ins Orange zu gehen, die Veränderungen am Kometen waren enorm. Der Kern hatte einen eigentümlichen Anhang in der Form ähnlich dem Joch einer

Milchträgerin, der Kern selbst lag in der schwarzen Höhlung. Von demselben gingen zwei Hörner aus, die dem Kern an Helligkeit gleich waren. Die erste Hülle an der vorangehenden Seite machte eine scharfe Biegung von der Kreisform zu einer geraden Linie, während die äußere Hülle die parabolische Form behielt. Dies war der Eindruck, den die Beobachtung im Fernrohr am 26. Juni hervorbrachte. Am 27. Juni hatte eine sehr

Fig. 39.

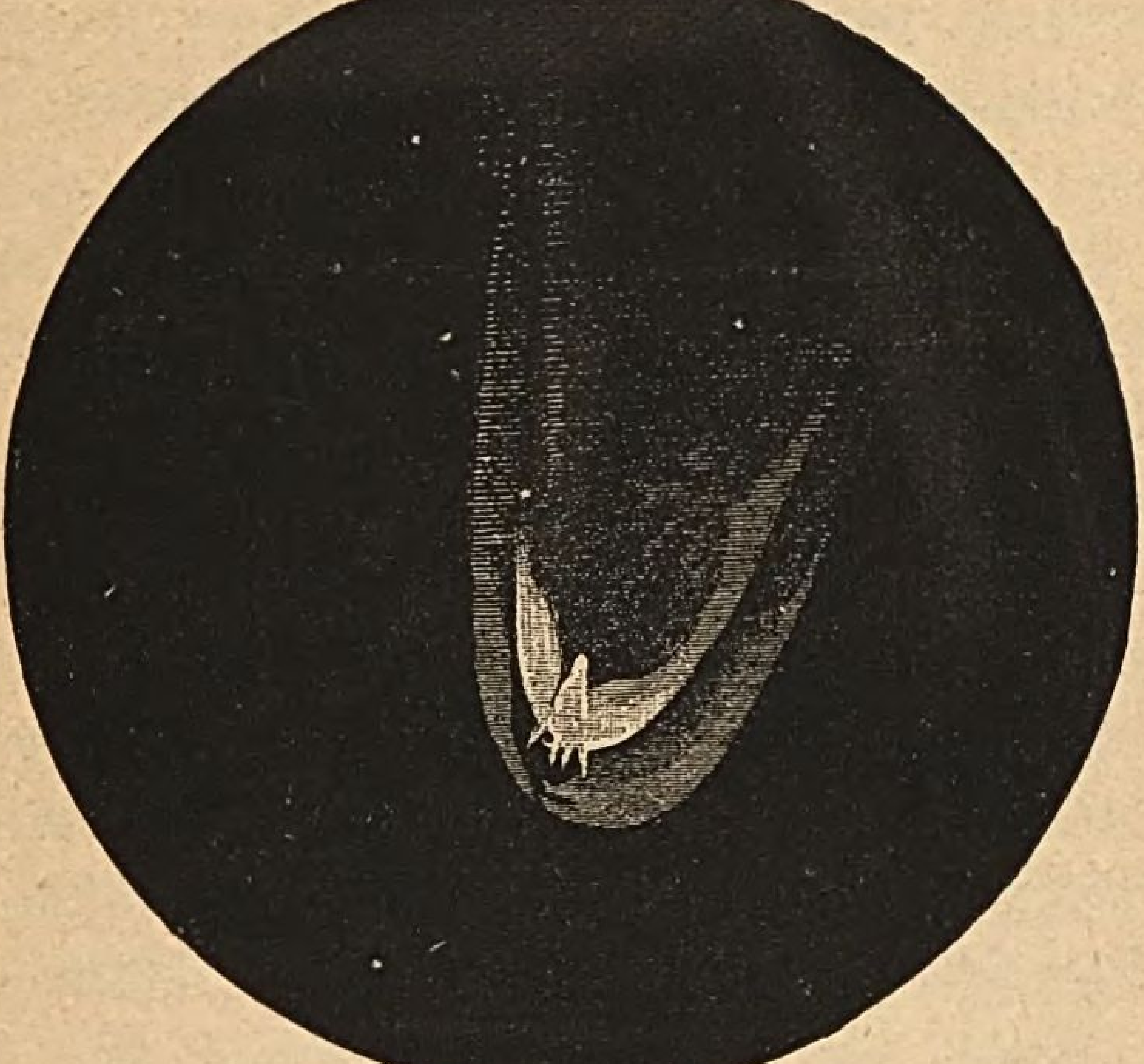


Komet 1881 nach Newall, Juni 27.

große Veränderung stattgefunden, die jochförmige innere Helligkeit schien sich um den Kern gedreht zu haben und dabei schien dieser selbst einen hellen Schweif ausgestoßen zu haben, so daß er als ein kleiner Komet aussah, der quer durch die lichte Hülle ging. Die äußere Hülle an der folgenden Seite war in ihrer Kontinuität unterbrochen, es schien ein Stück in ihr zu fehlen. Überhaupt zeigte der Kopf gänzlichen Mangel an Symmetrie, welche an andern Kometen doch so häufig bemerkt worden ist; an einem Tag war die vorangehende Seite bei weitem die hellere, am nächsten die folgende.

Die Helligkeit, welche beim ersten Sichtbarwerden auf der nördlichen Hemisphäre der des Sterns $\alpha$ Bootis oder $\alpha$ Lyrae entschieden gleich war, nahm ziemlich rasch ab und Anfang Juli konnte der Komet bereits nicht mehr als glänzende Erscheinung betrachtet werden. Immerhin bot damals unser Himmel einen schönen Anblick, da um dieselbe Zeit noch ein zweiter Komet mit ziemlich beträchtlichem Schweif dem bloßen Auge sichtbar war.

Fig. 40.



Komet 1881 nach Newall, Juni 27.

## 5. Kometensysteme.

Es wurde hier die Bewegung mehrerer Kometen in derselben Bahn erwähnt. Erst in neuerer Zeit ist die Entdeckung gemacht worden, daß neben Planetensystemen, Fixsternsystemen, Sternschnuppensystemen (wenn wir in letzterem Falle die Sternschnuppenringe als Systeme bezeichnen wollen) auch Kometensysteme existieren. An einem Kometen (Bielas Komet) wurde eine Zweiteilung beobachtet, allerdings folgte der Teilung alsbald in diesem Falle die gänzliche Auflösung, aber bei zweimaliger

Wiederkehr dieses Kometen wurde doch deutlich wahrgenommen, daß zwei Kometen in geringer Entfernung von einander in derselben Bahn einherzogen. Hier haben die Astronomen gesehn, daß beide ursprünglich einen Körper bildeten und durch irgend welche uns unbekannt gebliebene Vorgänge sich trennten. Ähnlich war es bei dem Doppelkometen von Liais (vgl. das folgende Kapitel), der jedoch nur eine parabolische Bahn aus dem geringen Beobachtungsmaterial finden ließ; die äußere Erscheinung war indessen die gleiche wie beim Biela, zwei Kometen wandelten in geringem Abstand von einander dieselbe Bahn im Raum. Was hindert uns darnach anzunehmen, daß viele solche zusammengehörige Körper existieren und daß sie auch in größeren Entfernungen von einander sich bewegen? Sind sie groß genug, um den störenden Einflüssen der an Masse ihnen weit überlegenen Körper widerstehn zu können, wenigstens soweit, daß sie nicht in vollkommene Auflösung übergehn, so wird eine einmal durch irgend welche Katastrophe hervorgerufene Zerteilung eine immer weitere Trennung im Laufe der Zeiten nach sich ziehen können, wobei freilich auch die Bahn bis zu einem gewissen Grade verändert werden muß, aber doch vorläufig nicht so weit, daß nicht der Zusammenhang kenntlich wäre; immer müssen die zusammengehörigen Kometen sich in Bahnen bewegen, deren gemeinsamer Durchschnittspunkt der Ort ihres Ursprungs ist. Diese Frage nach der Zusammengehörigkeit gewisser Kometen ist zuerst von Hoek zur Lösung gebracht worden.

Bei der Prüfung der Elemente einer beträchtlichen Anzahl Kometen fand Hoek in der That, daß mehrere derselben einen gemeinsamen Ursprung andeuteten, daß sie also in Gruppen geordnet in die Anziehungssphäre unserer Sonne gelangten, daß sie sich früher sehr dicht bei einander befanden und ihre Anfangsgeschwindigkeit gleiche Richtung und Größe hatte. Er ging in seinen Folgerungen noch weiter. Nach seiner Ansicht bilden elliptische Bahnen (also periodische Kometen) die Ausnahmen, die große Mehrzahl der Kometen bewegt sich in Bahnen von

unendlicher Größe, mögen sie nun einzeln oder in Gruppen geordnet sein; sie kommen aus dem interstellaren Raum zu uns, indem sie sich so weit von einem Stern entfernen, daß sie aus dem Bereich seiner Anziehung kommen, dann weiter wandern, bis sie zeitweilig unter die Macht unserer Sonne gelangen. Diese so interessante und für den Ursprung der Kometen so wichtige Frage wollen wir versuchen in ihrer Lösung dem Leser klar zu machen.

Hoek verglich zunächst solche Bahnen, die mit genügender Schärfe bestimmt werden können, d. h. zunächst die der letzten Jahrhunderte. Er ermittelte die Lage der Aphelien, vereinigte zuerst nur diejenigen Kometen in eine Gruppe, deren Erscheinungen nicht weiter als 10 Jahre von einander entfernt waren und deren Aphelien innerhalb eines Kreises von 10 Grad Durchmesser sich befanden. Dann untersuchte er ferner, ob nicht mindestens 3 solcher Bahnen auf einen gemeinsamen Durchschnittspunkt führten. So wählte er z. B. znnächst die Kometen der Jahre 1672, 1677, 1683, sodann die 1860 III, 1863 I, 1863 VI. Für die Lage der Aphelien dieser 6 Kometen fand er

| Komet | Länge | Breite | Komet | Länge | Breite |
|---|---|---|---|---|---|
| 1672 | 279.4 | 69.4 | 1860 III | 303.1 | 73.2 |
| 1677 | 286.4 | 75.7 | 1863 I | 313.2 | 73.9 |
| 1683 | 290.8 | 83.0 | 1863 VI | 313.9 | 76.4 |

In der Breite von 73 Grad entsprechen nun 10 Grad Länge etwa einer Winkelentfernung von $3^1/_2$ Grad, es liegen daher die Aphelien jedes der Glieder der beiden Gruppen auf den größten Kreis bezogen, nur etwas über 3 Grad von einander entfernt, was in der That schon sehr auffallend ist. Wenn man indessen die Durchschnittspunkte der verschiedenen Bahnen aufsucht, so tritt hier eine noch überraschendere Übereinstimmung hervor, alle zusammen liegen nahe dem Stern $\gamma$ Hydrae innerhalb eines Kreises von kaum 2 Grad Durchmesser, und wenn man den Ort des Sterns $\gamma$ Hydrae mit der Sonne durch eine gerade Linie verbindet, so erhält man sehr nahe den gemeinsamen Durch-

schnitt der Bahnen der letzten 5 Kometen. Hoek berechnete nun ferner für diese 5 Kometen die Entfernungen, in denen sie sich in weit zurückliegenden Zeiten von der Sonne befunden haben mußten. Er erhielt dafür die folgenden Daten, wo der Halbmesser der Erdbahn als Einheit gilt.

| Epoche | Kom. 1677 | Kom. 1683 | Epoche | Kom. 1860 III | Kom. 1863 I | Kom. 1863 VI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 573.9 | 600 | 601.9 | 757.0 | 600 | 600.4 | 600.2 |
| 837.8 | 500 | 502.2 | 1020.9 | 500 | 500.6 | 500.4 |
| 1076.5 | 400 | 402.4 | 1259.6 | 400 | 400.7 | 400.5 |
| 1286.9 | 300 | 302.9 | 1470.0 | 300 | 300.9 | 300.8 |
| 1464.7 | 200 | 203.6 | 1647.8 | 200 | 201.1 | 201.2 |
| 1602.0 | 100 | 105.1 | 1785.1 | 100 | 101.8 | 102.1 |
| | | | 1833.7 | 50 | 52.8 | 53.3 |
| | | | 1853.6 | 20 | 24.4 | 25.5 |
| | | | 1858.0 | 10 | 15.9 | 17.4 |

Aus dieser Tabelle ersehen wir, daß sich die Kometen 1677 und 1683, und 1860 III, 1863 I, 1863 VI je weiter wir in der Zeit zurückgehn, um so mehr einander in beiden Gruppen nähern. Es taucht dann weiter die Frage auf, ob diese einzelnen Glieder gleichzeitig von demselben Punkt ausgingen oder ob jeder eine andere Ausgangsepoche hatte. Diese Frage läßt Hoek unentschieden, aber er weist nach, daß eine außerordentlich geringe Differenz in der Anfangsgeschwindigkeit, ja nur zwei Fuß in der Sekunde bei den Kometen 1677 und 1860 (unter Annahme, daß sie zugleich von einem in unendlicher Entfernung gelegenen Punkt ausgingen) genüge, um sie 200 Jahr von einander getrennt in unser Sonnensystem eintreten zu lassen, es ist daher keineswegs unmöglich, daß die Kometen 1677 und 1860 zu gleicher Zeit ihren Ausgangspunkt verließen. Ein anderes Beispiel bilden die Kometen 1857 III, V und 1867 III. Die Ähnlichkeit der Elemente der beiden ersten ist so groß, daß zunächst bei diesen Hoek nicht zweifelte, sie als gleichen Ursprungs anzusehn, um so mehr, da der Durchgang durchs Perihel des einen auch so kurz auf den des andern folgte. Der dritte Komet wurde erst später mit

in die Untersuchung gezogen, und es fand sich hier, ebenso wie im ersten Beispiel der gemeinsame Schnittpunkt. In der folgenden Tabelle geben wir die Resultate Hoeks über zusammengehörige Kometensysteme.

| System | Komet | Länge und Breite des Radiationspunktes (des Punktes, wo sich die Ebenen der Bahnen schneiden) | |
|---|---|---|---|
| I. System | Komet 1677 | | |
| | 1683 | | |
| | 1860 III | | |
| | 1863 I | | |
| | 1863 VI | 319° | —87.5 |
| II. System | Komet 1739 | | |
| | 1793 II | | |
| | 1810 | | |
| | 1863 V | 267 | —52 |
| III. System | Komet 1764 | | |
| | 1774 | | |
| | 1787 | | |
| | 1840 III | 175.5 | —46.5 |
| IV. System | Komet 1596 | | |
| | 1781 I | | |
| | 1790 III | | |
| | 1825 I | | |
| | 1843 II | | |
| | 1863 III | | |
| | 1785 II | | |
| | 1818 II | | |
| | 1845 III | | |
| | 1857 III | | |
| | 1857 V | | |
| | 1867 III | 75.5 | —51.7 |
| V. System | Komet 1773 | | |
| | 1808 I | | |
| | 1826 II | | |
| | 1850 II | 274.6 | +38.7 |

| | | Länge und Breite des Radiationspunktes. | |
|---|---|---|---|
| VI. System | Komet 1689 | | |
| | 1698 | | |
| | 1822 IV | | |
| | 1850 I | 92.9 | +0.6 |
| VII. System | Komet 1618 II | | |
| | 1723 | | |
| | 1798 II | | |
| | 1811 II | | |
| | 1849 I | 217.8 | +26.6 |

Hierzu haben sich nun in neuester Zeit Kometen wie der 1807, 1881 und vermuthlich 1680, 1843, 1880, 1882 gesellt, welche zu so ähnlichen Elementensystemen führten, daß man lange die Identität dieser Kometen vermuthete. Indessen sind die Untersuchungen über die Bahnen noch nicht zum Abschluß gebracht und bis dahin läßt sich auch etwas Sicheres in Bezug auf ihre Zusammengehörigkeit nicht angeben.

## 6. Bielas Komet. Lexells Komet. De Vicos Komet. Andere Kometen mit kurzer Umlaufszeit. Doppelkometen. Liais Komet.

Am 27. Februar 1826 abends 8 Uhr fand der österreichische Hauptmann von Biela im Sternbilde des Widders einen kleinen runden Nebel mit einem sehr feinen Lichtpunkt in der Mitte. Am nächsten Abend hatte sich der Nebel etwa einen Grad bewegt, war auch etwas heller geworden, so daß über die kometarische Natur kein Zweifel mehr bestehen konnte. Am 9. März abends fand Gambart in Marseille denselben Kometen, ohne von der Bielaschen Entdeckung Kenntnis zu haben. Die mehrfache Entdeckung desselben Kometen gehört nicht zu den Seltenheiten und man ist gewohnt, den Kometen, wenn er überhaupt mit dem Namen des Entdeckers verknüpft wird, nach dem ersten Entdecker zu nennen. Dieser Bielasche Komet hat ein außergewöhnliches Interesse in Anspruch genommen, zunächst durch die bald zu Tage tretende elliptische Bahn. In solchem

Falle wird auch wohl ein Komet nach dem Berechner benannt, so z. B. ein von Pons entdeckter Komet mit kurzer Umlaufszeit den Namen des Berechners Encke trägt. Hier treten nicht allein Biela und Gambart als Rivalen bei der Entdeckung auf, sondern beide fanden alsbald ganz unabhängig von einander, daß der Komet eine sehr kurze Ellipse beschrieb. In Frankreich hat man lange Zeit aus Nationalstolz den Kometen als den Gambartschen bezeichnet, indessen ist doch die Benennung nach Biela die allgemein übliche geworden, da auch die Bahnberechnung von letzterem etwas früher geschah als von dem französischen Astronomen.

Zunächst berechnete Clausen aus drei Beobachtungen eine parabolische Bahn und fand eine merkwürdige Übereinstimmung der Elemente mit denen des Kometen 1805. Aus größerem Material folgte eine genauere Bestimmung und es trat die Ähnlichkeit mit dem Kometen 1805 noch mehr hervor, dazu zeigte sich noch eine ebenfalls frappante Ähnlichkeit mit den Elementen des Kometen 1772. Um die Frage der Identität zur Entscheidung zu bringen, rechnete nun Clausen eine Bahn ohne jede Voraussetzung eines bestimmten Kegelschnitts und kam dabei nach mehrfachen Versuchen in der That auf eine Ellipse von nur 2438 Tagen Umlaufszeit. Darnach konnte man zwischen 1772 und 1805 5 Umläufe, zwischen 1805 und 1826 3 Umläufe annehmen, so daß der Komet mehrfach, ohne beobachtet zu sein, zur Sonne zurückgekehrt war. Inzwischen war aber von Biela (und Gambart) auch die Berechnung ausgeführt worden und Biela schreibt an Schumacher: „Ich habe eine Terne gewonnen — die Ähnlichkeit meiner Elemente mit denen des Kometen 1772 ist zu auffallend, um an der Identität beider zu zweifeln, ich glaube aber auch stark daran, daß der Komet 1805 derselbe ist, weil sich alle drei Erscheinungen durch eine Periode von 6 Jahren 9 Monaten etlichen Tagen vereinen lassen; die weiteren Untersuchungen hierüber und ob auch andere Erscheinungen identisch sind, werden sehr interessant sein, übersteigen aber meine Dilet-

tantenkräfte“ ꝛc. Beachtenswert ist eine spätere Bemerkung Bielas, wonach die Auffindung des Kometen nicht reiner Zufall gewesen sei, sondern daß er von einer Idee geleitet, denselben gesucht habe. Er hatte sich in der That viel mit dem Aufsuchen identischer Kometen beschäftigt und unter Annahme der Zusammengehörigkeit der Kometen 1772 Jan. 20, 1805 Dec. 31, 1812 Sept. 15, (wonach zwischen dem zweiten und dritten eine Zeit von 6 Jahren 9 Monaten 14 Tagen lag, während zwischen dem ersten und zweiten 33 Jahre 11 Monate 11 Tage = 5 mal 6 Jahre 9 Monate 14 Tage verflossen waren) die Rückkehr am 15. Juni 1819 (vergeblich) und am 15. März 1826 vermuthet. In Betreff der Identität des Kometen 1812 war übrigens Biela im Irrtum.

Über den Kometen 1805, der von Pons entdeckt war, hatte Gauß schon damals sehr ausgedehnte Untersuchungen durchgeführt und war dabei zu dem Resultat gelangt, daß die Beobachtungen auffallend auf eine kurze Ellipse hinführten. Sie reichten aber nicht aus, eine solche mit Genauigkeit aus dieser einen Erscheinung zu bestimmen, am besten ließen sie sich mit einer Umlaufszeit von $4^3/_4$ Jahren vereinigen, aber eine um ein Jahr kürzere oder einige Jahre längere Umlaufszeit hätte sich jenen Untersuchungen zufolge gleichfalls noch sehr gut und jedenfalls viel besser als die parabolische Bewegung mit den Beobachtungen in Übereinstimmung bringen lassen. Auch damals schon war Gauß die Ähnlichkeit der Elemente mit denen des Kometen 1772 aufgefallen und wenn er die Identität beider Kometen auch nicht hatte nachweisen können, so hatte er doch immer an der Vermutung festgehalten. Die nun erfolgte Entdeckung führte im weiteren Verlauf mit großer Sicherheit auf die Umlaufszeit von $6^3/_4$ Jahren und die vorausberechnete Wiederkehr im Jahre 1832 traf schon mit genügender Präzision ein.

In diesem Jahr wurde die Welt durch den Bielaschen Kometen in Angst und Schrecken versetzt. Schon im Jahre 1827 machte Olbers auf die Bahnnähen dieses Kometen und der Erde

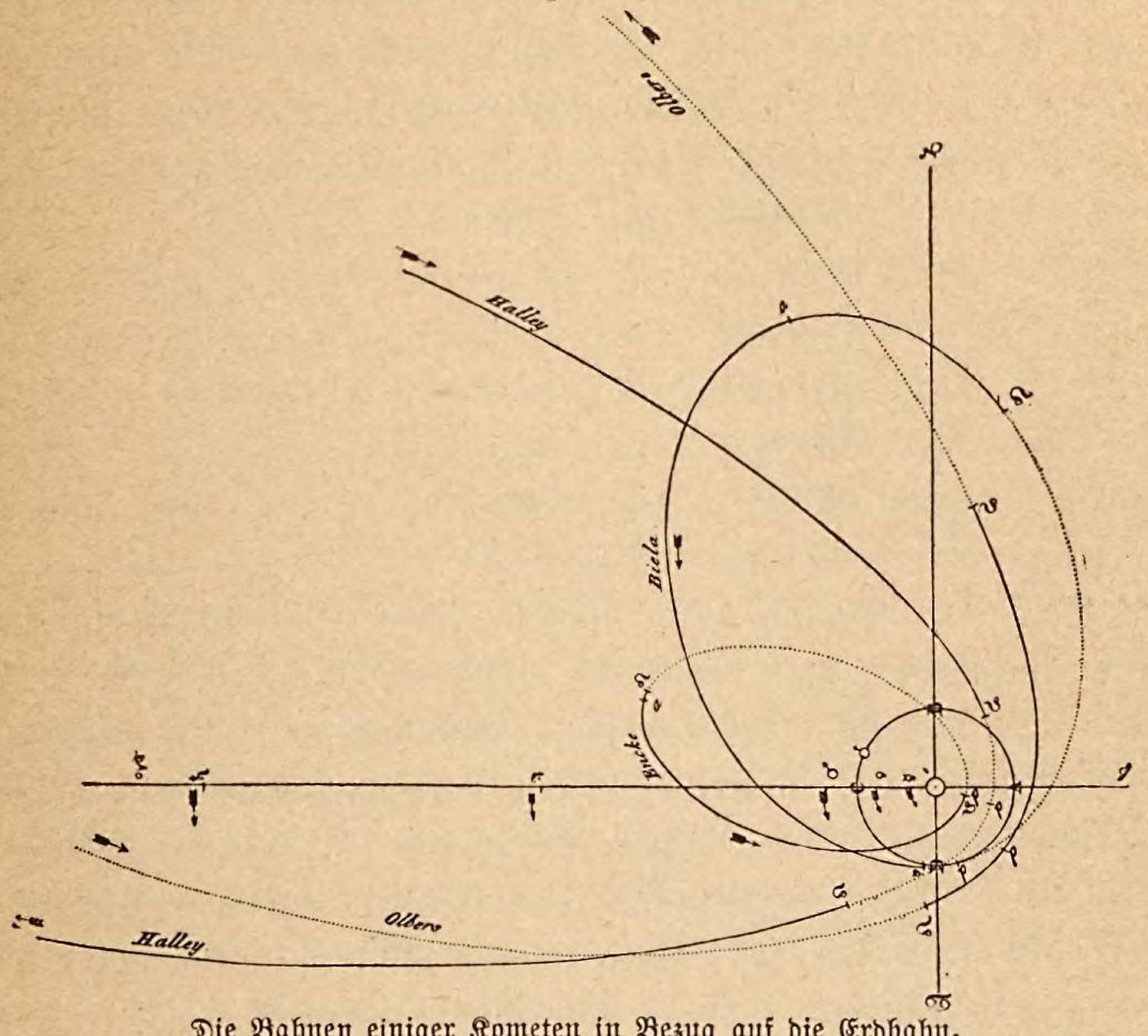
aufmerksam, und vor der Rückkehr des Kometen wurde es bekannt, daß die Astronomen einen Kometen erwarteten, dessen Bahn der Erdbahn bis auf die außerordentlich geringe Entfernung von 32 000 Kilometer nahe käme, natürlich knüpfte sich hieran sofort die Aussicht auf die Zerstörung der Erde. Allerdings würde ein Komet, wie wir wissen, nur sehr klein sein, wenn er nicht einen Kopf von etwa 100 000 Kilometer Durchmesser hätte, darnach war zu erwarten, daß er weit über die 32 000 Kilometer, welche die Bahnen von einander trennten, hinausgehen würde. Olbers hatte auch die Folgen einer möglichen Berührung der Atmosphäre des Kometen mit der Erde untersucht und glaubte darnach annehmen zu können, daß weder für die Erde selbst noch für ihre Bewohner Anlaß zu einer Furcht vorhanden sei. Nicht einmal auf die Witterung soll nach seiner Ansicht der Einfluß merkbar werden. Verschiedene Physiker hatten freilich den trockenen Nebel oder Höhenrauch, der im Sommer 1783 fast 2 Monate hindurch Europa, Syrien, Nordafrika bedeckte, der Vermischung einer Kometenatmosphäre mit der unsrigen zuschreiben wollen, aber Olbers tritt auch hiergegen mit Recht auf. Indessen was halfs? Man wußte so wenig über die eigentliche Natur der Kometen, und so setzte sich wirklich im Volke die Ansicht fest, daß das Jahr 1832 durch die Berührung des Kometen der Erde und ihren Bewohnern Verderben bringen, sie der gänzlichen Vernichtung zuführen müsse. Das Auffallende hierbei ist nun noch, daß man die schlimmsten Folgen eines Ereignisses voraussagte, welches überhaupt in der vom Volk aufgefaßten Weise gar nicht eintraf. Allerdings hatte sich aus Damoiseaus und Santinis Rechnungen ergeben, daß die kleinste Distanz beider Bahnen nur 0.000 1950 = $4^2/_3$ Erdhalbmesser betragen sollte, aber wohlverstanden die kleinste Distanz der Bahnen, nicht der Körper, welche sich in jenen Bahnen bewegen, diese selbst blieben einander sehr fern. Und hierin lag die Verwechslung. Der Komet ging (nach der Berechnung, und wie die Folge zeigte, auch in Wahrheit) am 29. Oktober vor

Mitternacht durch den Punkt, wo er der Erdbahn am nächsten kommt, die Erde dagegen erreichte den der Kometenbahn am nächsten liegenden Punkt ihrer Bahn erst am 30. November um 10 Uhr morgens. Wenn nun der Komet 1832 am 28. Dezember 8 Uhr 16 Minuten statt am 27. November kurz vor Mitternacht das Perihel passirt hätte, so würde am 30. November eine sehr große Annäherung beider Körper eingetreten sein. Es wurde dann auch bei dieser Gelegenheit die Frage untersucht, wie groß die Wahrscheinlichkeit der Annäherung beider Körper wäre und es fand sich dabei, daß wenn man selbst noch einen Spielraum von einem Tage zulasse, also nicht einmal nach dem Maximum der Annäherung forschen wollte, eine solche doch nur etwa nach 2500 Jahren eintreten könne. Wenn aber die Annäherung ihr Maximum erreichen soll, so muß der Komet nicht allein an einem festgesetzten Tag, sondern zu einer ganz bestimmten Stunde sein Perihel erreichen; hierdurch wird die Wahrscheinlichkeit einer solchen Begegnung fast unendlich klein. Es ist also nicht wahrscheinlich, aber darum nach Lage der Bahnen nicht unmöglich, daß ein solches Zusammentreffen stattfinde. In der Figur 41 stellt in der Mitte S die Sonne, der kleine Kreis A B C D die Erdbahn vor, die elliptischen Bögen oder geschlossenen Ellipsen geben einige der bekannten Kometenbahnen, die punktirten Linien sind als unter der Ebene der Erdbahn liegend zu denken, die mit ☊ ☋ bezeichneten Punkte geben die Durchschnittspunkte der Bahnebenen. Man sieht nun hier sehr deutlich die große Annäherung der Bielaschen Kometenbahn und der Ekliptik, aber zugleich, daß damit noch keineswegs gesagt ist, daß die Körper selbst einander nahe kommen müssen.

Die Erscheinung im Jahr 1832 ging denn auch ohne jede Gefahr für die Erde vorüber. Die folgende Wiederkehr zur Sonne traf in das Jahr 1839, indessen konnte dieses Mal der Komet nicht beobachtet werden, da er in Folge seiner Stellung zur Sonne während der ganzen Zeit von der letzteren überstrahlt, daher unsichtbar wurde.

Im Jahre 1845 wurde der Komet nach der Vorausberechnung genau am Orte und sehr früh aufgefunden; am 11. Februar 1846 sollte er durchs Perihel gehen und bereits am 28. November 1845 wurde er beobachtet. Bei dieser Erscheinung fand aber ein Ereignis statt, wie es vollkommen ohne Gleichen in der Geschichte der Astronomie war. Am 19. Dezember 1845, also etwa

Fig. 41.




Die Bahnen einiger Kometen in Bezug auf die Erdbahn.

4 Wochen nach der ersten Auffindung und noch 2 Monate vor dem Periheldurchgang hatte der englische Astronom Hind eine Verzerrung der Gestalt des Kometen wahrgenommen, am 21. Dezember war aber eine weitere Veränderung noch nicht vor sich gegangen. Am 29. Dezember bemerkte nun Maury in Washington, daß der Komet in zwei Teile auseinander gegangen sei; in Europa wurde dieses merkwürdige Phänomen erst am 15. Januar 1846 gesehn, weil anfangs die Witterung, dann der Mondschein

die Beobachtung des schwachen Nebelflecks unmöglich gemacht hatte. Nun war aber die Trennung so deutlich, daß sie an allen Sternwarten, wo man überhaupt den Kometen beobachtete, sofort bemerkt werden mußte. Jeder der beiden Teile schien ein vollkommen ausgebildeter Komet zu sein, er bestand aus Kopf und kleinem Schweif. Die Entfernung beider wurde mit Annäherung zum Perihel immer größer und aus d'Arrests Messungen ergaben sich unter Berücksichtigung der Entfernung der Kometen von uns, die folgenden Distanzen beider von einander:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1846 | Januar | 14. | 288 000 | Kilometer. |
| | Januar | 24. | 303 000 | „ |
| | Februar | 3. | 311 000 | „ |
| | Februar | 13. | 314 000 | „ |
| | Februar | 23. | 312 000 | „ |
| | März | 5. | 308 000 | „ |
| | März | 15. | 293 000 | „ |
| | März | 25. | 280 000 | „ |

Nach dem Perihel fand also wieder eine Annäherung statt. Sehr merkwürdig war ferner die Wahrnehmung, daß beide Kometen ihre Helligkeit veränderten. Anfangs war der folgende Nebel der hellere, dann entwickelte der schwächere seine Helligkeitszunahme in bedeutenderem Maße, am 12. Februar erschienen beide gleich hell, am 14. war der folgende merkbar schwächer. Dieser Wechsel dauerte indessen nicht lange, indem schon nach 2 Tagen wieder das frühere Verhältnis bestand.

Es ist begreiflich, daß diese vor den Augen der Astronomen sich vollziehende Spaltung und Trennung eines Himmelskörpers zu den manchfaltigsten Untersuchungen und Diskussionen Veranlassung gab. Plantamour z. B. war der Meinung, daß die Verdoppelung sehr alt sei, wäre sie erst jetzt eingetreten, so müßte ihr nach seiner Ansicht eine ähnliche Ursache zugeschrieben werden, wie Bessel sie zur Erklärung der Lichterscheinungen am Halleyschen Kometen annehmen zu müssen glaubte, nämlich eine von der Sonne ausgehende polare Kraft; dann müßten die Ko-

metenteilchen, nachdem sie anfangs zur Sonne hin angezogen waren, nachher in der entgegengesetzten Richtung abgestoßen worden sein. Für diese Ansicht bestanden aber in der gegenseitigen Lage der Kometenkerne unüberwindliche Schwierigkeiten. Zur Entscheidung, wie die Zerteilung verursacht worden, was der weitere Verlauf sein werde, reichte das vorhandene Beobachtungsmaterial nicht aus. Zunächst hatten die Astronomen hier mit der Thatsache zu rechnen, daß Doppelkometen existierten und eine große Schwierigkeit trat in der Vorausberechnung ein, wenn die Kometen eine merkbare Masse besitzen sollten. Es hätte dann ebenso wie bei den Doppelsternen, in unserm Sonnensystem, Erde — Mond u. s. w. eine Bewegung der beiden das System bildenden Körper um den gemeinsamen Schwerpunkt stattfinden, also eine nicht unwesentliche Komplikation eintreten müssen. Theoretisch war es sicher der Fall, da die Kometen nicht absolut masselos sein können, aber es war sehr ungewiß, ja unwahrscheinlich, ob sich in der Praxis der gegenseitige Einfluß werde bemerken lassen. Es gehörte eine sehr sorgfältige Bearbeitung sämtlicher Beobachtungen unter Berücksichtigung der störenden Einflüsse durch die Planeten Jupiter, Mars, Erde, Venus dazu. Die Astronomen schreckten vor der Rechnung natürlich nicht zurück, die Beobachtungen ließen sich aber vollkommen befriedigend darstellen, so daß der Einfluß des einen Kometen auf den andern bei dem geringen Abstand von 38 Erdradien, also $^2/_3$ der Entfernung Erde—Mond, nicht zu erkennen war; wenn er wirklich vorhanden gewesen war, so vermischte er sich mit den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern.

Mit Spannung wurde selbstverständlich die nächste Wiederkehr erwartet. Hatten sich die beiden Teile vielleicht wieder vereint, war ihre Trennung größer geworden, gab der äußere Anblick Aufschluß über das innere Wesen dieser rätselhaften Körper? Der Ort, wo der Komet zuerst gesehn werden mußte, war natürlich lange vorher berechnet. Secchi entdeckte am 26. August 1852 morgens einen schwachen Kometen, den er als möglicherweise den Bielaschen bezeichnete, jedoch mußte dann der voraus-

berechnete Ort nicht unwesentlich falsch sein. Am 15. September fand derselbe Astronom aber auch den Begleiter, der jedoch noch so schwach erschien, daß die Beobachtung unmöglich war. Der erste war inzwischen heller geworden, aber ebenfalls in der Morgendämmerung ein schwieriges Objekt. Die Sichtbarkeitsverhältnisse blieben während der ganzen Zeit ungünstig, freilich wurden die beiden Kometen nach und nach heller, aber es gelangen doch im ganzen nur wenige Beobachtungen in Rom, Berlin, Cambridge und Pulcowa. Es traten nun gerade wieder, wie in der Erscheinung 1846 sehr deutliche Veränderungen in der Helligkeit ein, dieselben waren so merkwürdig, daß es von vornherein nicht möglich war zu entscheiden, welcher der beiden Kometen den Haupt- oder Nebenkometen von 1846 entsprochen hätte. Struve giebt über diese Schwankungen an, daß

1852 September 15. I (d. vorangehende) viel schwächer als II
17. I ebenso hell als II
19. I heller als II
20. I fast ebenso hell als II
23. I schwächer als II
25. I viel schwächer als II

war. d'Arrest behandelte nun zur weitern Untersuchung der Bahnverhältnisse jeden Kometenkopf getrennt und brachte dabei die Erscheinungen 1846 und 1852 in Verbindung mit einander. Das Resultat war wiederum, daß die beiden Kometen einen merkbaren Einfluß in ihrer Bewegung nicht auf einander ausübten. Aber trotz allen negativen Erfolgen, eine Massenwirkung eines Kometen aufzuspüren, ließ sich doch erhoffen, daß es in der Zukunft gelingen mußte, durch die Beobachtungen in den vielfach wiederholten Erscheinungen, die ja bei der kurzen Umlaufszeit in nicht zu ferner Aussicht standen, die Zeichen einer eigenartigen Einwirkung nachzuweisen. Diese Hoffnung ist durch besondere nicht erwartetete Umstände freilich ganz vereitelt worden. Die Entfernung beider Kerne hatte beträchtlich zugenommen, sie betrug

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1852 | August | 27. | 2 445 000 | Kilometer. |
| | September | 4. | 2 535 000 | „ |
| | „ | 12. | 2 610 000 | „ |
| | „ | 20. | 2 640 000 | „ |
| | „ | 28. | 2 626 000 | „ |

Der Periheldurchgang fiel auf den 23. September, also auch dieses mal fand die größte Distanz zur Zeit des Perihels statt.

Im Jahre 1859 mußte der Komet wieder zur Sonne zurückkehren, aber ähnlich wie 1839 war der von ihm durchlaufene Teil des Himmels der Sonne zu nahe, so daß er nicht von uns gesehen werden konnte. Wir wissen daher nicht, ob und in welchem Zustande er seine Bahn damals durchlaufen hat. Im Jahre 1866 hätte er nach seiner Stellung zur Erde leicht gesehen werden müssen, er wurde nicht aufgefunden, trotz des eifrigsten Suchens vieler Astronomen. Bruhns, einer der glücklichsten Kometenentdecker, hat über 20 Nächte dem Aufsuchen des Bielaschen Kometen gewidmet, Secchi und Ferrari durchmusterten zwei Monate lang jede Nacht, wo der Mond nicht schien, den Himmel, und d'Arrest sagte, daß er den Kometen habe finden müssen, selbst wenn er sich in der gegenüberliegenden Gegend des Himmels befunden hätte, als wo er nach der Rechnung stehn sollte, wenn er überhaupt noch als Komet existierte. Er wurde, wie gesagt, nicht gesehn, und man konnte nun nicht mehr zweifeln, daß das Jahr 1846, die Trennung in zwei Teile, die beginnende Auflösung des Kometen bezeichnete. Nur geringe Hoffnung durfte man darnach auf die nächste Erscheinung 1872 hegen, und in Wirklichkeit ist der Komet als solcher für uns verschwunden, an seiner Stelle haben wir aber, wie später mitzuteilen ist, 1872 einen glänzenden Sternschnuppenfall wahrgenommen.

Als der Bielasche Komet nicht der Vorausberechnung gemäß eintraf, ist die Frage aufgeworfen und erörtert worden, ob derselbe vielleicht in zu gefährliche Nähe eines großen Planeten

gekommen sein könnte, so daß der störende Einfluß desselben den Kometen in eine ganz andere Bahn gelenkt hatte. Diese Frage wird manchem vielleicht als etwas zu fern liegend erscheinen, indessen liegen Beispiele vollständiger Bahnveränderung eines Kometen infolge der Annäherung des letzteren an einen Hauptplaneten in der Geschichte der Astronomie vor und diese Fälle sind in der That von nicht geringem Interesse. Der eklatanteste ist der folgende:

Messier sah in der Nacht vom 14. zum 15. Juni 1770 im Schützen einen Nebelfleck, welcher dem bloßen Auge unsichtbar war, sich dann aber bald als ein Komet offenbarte. Am 17. Juni erschien er von einer Atmosphäre umgeben, in der Mitte war ein deutlicher Kern zu sehen. Der Komet näherte sich mit ungeheuerer Geschwindigkeit der Erde, am 21. Juni wurde er dem bloßen Auge sichtbar, 3 Tage später glänzte er als ein Stern zweiter Größe. Der Durchmesser der Nebelmasse nahm ebenfalls stark zu, wie es nicht anders zu erwarten war, aber der Kern behielt nahe seine zuerst wahrgenommene Größe. Vom 4. Juli an verschwand der Komet in den Strahlen der Sonne, trat jedoch nach einigen Wochen wieder aus denselben hervor und konnte nun bis in den Oktober ohne wesentliche Unterbrechung beobachtet werden. Ein Schweif war an dem Kometen nur kurze Zeit nach dem Durchgang durchs Perihel und in geringer Ausdehnung sichtbar. Pingré hatte die erste Bahnberechnung ausgeführt und im Anfang der Erscheinung hatte sich die Parabel befriedigend den Beobachtungen angeschlossen. Auch von andern Astronomen waren in der Folge Berechnungen geliefert; es stiegen aber stets nach kurzer Zeit die Abweichungen in hohem Grade, so daß man auf die Annahme einer elliptischen Bahn geführt wurde. Lexell machte wirklich die überraschende Entdeckung, daß der Komet sich in einer Ellipse von nur $5^1/_2$ Jahr Umlaufszeit um die Sonne bewegen müsse. Mit Recht wurde diesem Resultat die Frage gegenübergestellt, wie es denkbar sei, daß dieser helle Komet bei einer so kurzen Umlaufszeit nicht

schon vorher gesehen worden sei; wenn auch bei manchen Erscheinungen die Sichtbarkeitsverhältnisse nicht in gleichem Maße günstig sein konnten, wie die gegenwärtige, so mußte er doch jedenfalls von Zeit zu Zeit dem bloßen Auge als auffallendes Gestirn am Himmel erscheinen. Lexell entgegnete nun, daß die Entfernung des Kometen im Aphel nahe gleich der Entfernung des Jupiter von der Sonne sei und daß die Vermutung nahe liege, daß der Komet in seiner Bewegung in der Weise vom Jupiter gestört worden sei, daß er eine von seiner ursprünglichen Bahn ganz verschiedene beschreibe. Durch Rechnung mußte sich über diese Hypothese Sicherheit schaffen lassen. In der That, am 27. Mai 1767 hatte sich der Komet dem mächtigen Planeten so sehr genähert, daß die Entfernung nur noch $\frac{1}{580}$ der Entfernung des Kometen von der Sonne betrug. Hieraus ließ sich nun mit Recht folgern, daß der Einfluß des Jupiter stark genug gewesen, um die Bahn in merkbarer Weise umzugestalten. Ja, Lexell führte seine Untersuchungen weiter und fand, daß der Komet abermals am 23. August 1779 dem Jupiter sehr nahe kommen müsse; möglicherweise konnte diese zweite Annäherung zur Folge haben, daß der Komet nunmehr wieder in eine neue Bahn gedrängt wurde und für uns unsichtbar blieb, wie er es früher gewesen war. In Wahrheit wartete man 1781/82, wo er bei der Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren hätte wiederkehren müssen, vergeblich auf sein Kommen. Auch später wurde der Komet nicht wieder gesehen, er ist also verloren, aber aus anderen Ursachen, als sie ersichtlich der Bielasche Komet vermuten läßt. Begreiflicherweise hat man sich noch mehrfach mit diesem Kometen beschäftigt, von den größten Mathematikern und Astronomen Laplace und Le Verrier sind die Lexellschen Resultate erneuter Prüfung unterzogen worden. Man hat dabei auch die Frage zu beantworten versucht, ob nicht der Komet in anderen Kometen wiedererkannt werden könne und was überhaupt aus ihm geworden sei; ist er etwa, als er sich dem Jupiter so sehr näherte, daß er zwischen den Satelliten desselben hindurchging, auch ein

Satellit dieses Planeten geworden? Letztere Frage hat Le Verrier entschieden verneint, der Komet näherte sich dem Jupiter in einer Hyperbolischen Bahn und konnte ein Satellit nicht werden, aber aller Wahrscheinlichkeit nach ist er ein Glied unseres Sonnensystems geblieben.

Die Frage, ob er nicht wieder für uns sichtbar geworden ist, ließ sich nicht leicht entscheiden, da aus einer Ähnlichkeit der Bahnen des Lexellschen und eventuell eines neuen Kometen hierauf nicht ohne Weiteres geschlossen werden konnte. Die erste Untersuchung in dieser Richtung rief die Erscheinung des Fayeschen Kometen (1843) hervor, da auch dieser auf die Möglichkeit einer Annäherung an den Jupiter führte. Indessen zeigte Le Verrier, daß eine Identität nicht angenommen werden könne, daß man vielmehr beim Fayeschen Kometen bis ins Jahr 1747 zurückgehen müsse, als Zeitpunkt, wo er durch den Jupiter in seine jetzige kurze Ellipse übergeführt worden sei. Bemerkenswert ist beim Lexellschen Kometen die Gelegenheit, die er zur Prüfung der Masse eines Kometen bot. Er näherte sich der Erde 1770 in so hohem Grade, daß er nur 7mal so weit von uns entfernt blieb, als unser Mond; es wurde aber nicht der geringste Einfluß in der Bewegung der Erde bemerkt und Laplace berechnete, daß, wenn die Kometenmasse selbst nur $\frac{1}{5000}$ der Erdmasse betragen hätte, die Länge des siderischen Jahres seit 1770 notwendig um eine Sekunde hätte vergrößert werden müssen. Jedenfalls ist die Masse aber noch sehr viel geringer, denn da wir wissen, daß der Komet 1767. und 1770 durch das Jupitersystem hindurchging, so hätte sich irgend eine Veränderung in den Bewegungen des einen oder anderen dieser Körper zeigen müssen, was ebenfalls nicht geschehen ist.

In die Klasse der periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit, die nicht wieder erschienen sind, und auf welche wir hier zu sprechen kamen, gehört namentlich auch der sogenannte De Vicosche Komet, welcher in Rom am 22. August 1844 entdeckt wurde. Von Faye und Brünnow wurden elliptische Elemente

berechnet und diese ergaben eine Umlaufszeit von nahe $5^1/_2$ Jahren. Ohne Rücksicht auf die Störungen durch die großen Planeten hätte der Komet zum Perihel 1850 im Februar, 1855 im August, 1861 im Januar, 1866 im Juli, 1871 im Dezember, 1877 im Juni u. s. w. zurückkehren müssen. Kein einziges Mal ist er wieder gesehen worden, allerdings war die erste erwartete Wiederkehr keine günstige und es war daher wohl möglich, daß die späteren Erscheinungen bei der Aufsuchung stärkere Schwierigkeiten verursacht hätten. Aber wenn dieser Komet sich überhaupt noch in der Bahn, die er 1844 beschrieb, oder in einigermaßen ähnlichen um die Sonne bewegte, so hätte er uns doch wohl das eine oder andere Mal wieder erscheinen müssen und er wäre dann gewiß nicht mehr der sicheren Bahnbestimmung entgangen.

Le Verrier hält es für sehr wahrscheinlich, daß der de Vicosche Komet mit dem Kometen des Jahres 1678 identisch sei, und es zeigen die Elemente auch große Ähnlichkeit, ferner führt jener ebenfalls auf eine Umlaufszeit von etwa $5^1/_2$ Jahren. Nach Le Verrier ist es nicht zweifelhaft, daß der de Vicosche Komet einst in fern gelegenen Zeiten durch die Anziehung des Jupiter auf seinem Wege aus den abgelegensten Gegenden des Raumes unserm System zugeführt worden ist. Wenn beide Kometen identisch sind so wäre dies Gestirn sehr häufig (30 mal) zu uns zurückgekehrt, ohne daß es gesehen worden wäre, was allerdings merkwürdig, aber doch bei seiner im allgemeinen geringen Helligkeit nicht undenkbar ist.

Für einige Zeit hätte er sich nun nach Le Verriers Rechnungen in der kurzen Bahn weiter bewegen müssen, um dann wiederum die Jupitersbahn in einer der ersten Annäherung entgegengesetzten Richtung zu erreichen und eine neue Änderung in seiner Bahn zu erleiden. Möglicherweise würde Jupiter ihn dann in jene Gegenden wieder hinaustreiben, aus denen er zu uns gelangte. Worin nun die Ursache liegt, daß wir den de Vicoschen Kometen seit 1844 nicht wiedersehen, ist noch unbe-

kannt, vielleicht glückt später eine Entdeckung eines zunächst unbekannten Kometen, dessen Elemente ihn dann als den verlornen erkennen lassen und wird hiernach eine genauere Berechnung über seine Bahn und die erlittenen Störungen ermöglicht.

Es finden sich noch vereinzelt Kometen mit kurzen Umlaufszeiten in den Kometenverzeichnissen, ohne daß dieselben zur erwarteten Zeit zurückkehrten. In diesen Fällen ist aber die Berechnung aus der ersten Erscheinung zu unsicher geblieben, als daß ihnen eine besondere Wichtigkeit beizulegen wäre. Bei einigen andern Kometen hat sich ebenfalls eine elliptische Bahn finden lassen und außerdem in entfernten Zeiten eine bedeutende Annäherung an den einen oder anderen Hauptplaneten, so daß es nicht unwahrscheinlich ist, daß die betreffenden Kometen infolge dieser Begegnung in die elliptische Bahn gezwängt wurden. Hierher gehört z. B. ein Komet, welcher 1866 von Tempel entdeckt wurde und dessen Beobachtungen auf eine Umlaufszeit von 33,18 Jahren führten, sodaß seine Wiederkehr 1899 erwartet werden kann. Vermutlich ist er mit den Kometen im Jahre 868 und 1366 identisch, sodaß er darnach jedenfalls bereits über 30 Revolutionen um die Sonne vollführte. Bei diesem Kometen hat in frühesten Zeiten eine starke Annäherung an den Uranus stattgefunden und Le Verrier hält es für nicht unwahrscheinlich, daß dieser Planet als der Schöpfer der elliptischen Bahn anzusehen ist. Von besonderem Interesse ist der Komet, wie wir sehen werden, geworden, durch den nachgewiesenen Zusammenhang mit dem Sternschnuppenschwarm des Novembers.

Endlich sei hier noch ein Komet aus jüngster Zeit erwähnt, der wegen seiner Annäherung an die Bahnen verschiedener großer Planeten sehr wichtig zu werden verspricht. Derselbe wurde von Denning 1881 am 4. Oktober entdeckt und die Beobachtungen führten bald auf eine elliptische Bahn, wonach er eine Umlaufszeit von 84 Jahren haben mußte und bereits vor der Auffindung am 13. September das Perihel passiert hatte. Seine Helligkeit nahm ziemlich rasch ab und die ungünstige Herbstwitterung

lieferte ein immerhin spärliches Beobachtungsmaterial. Dieser Komet nun kann sich der Venusbahn auf 0.021 (Teilen des Erdbahnhalbmessers), der Erdbahn auf 0.036, der Marsbahn auf 0.065, der Jupitersbahn auf 0.16 nähern; die Störungen die er von diesen Planeten erleiden kann, werden daher sehr erheblich sein und zu Massenbestimmungen wertvolle Beiträge liefern. Er näherte sich z. B. der Venus bei seiner vorigen Erscheinung (in welcher er noch nicht beobachtet worden ist) und es ist keineswegs unmöglich, daß er damals so gestört worden ist, daß sich die einmalige Beobachtung eines Kometen (die also an sich zu einer Bahnberechnung nicht ausreichen konnte) am 16. Mai 1855 bei genauerer Untersuchung als auf diesen Kometen bezüglich erweist. Auch in diesem Falle werden aber spätere Erscheinungen erst die genügende Sicherheit über die wirkliche Bewegung des Kometen geben können.

Nachdem man durch die Auflösung des Bielaschen Kometen von der Existenz eines Doppelkometen überzeugt worden war, hat man Mitteilungen aus früherer Zeit, die bis dahin mit Zweifel aufgenommen worden waren, mit andern Augen angesehen. Es liegen in der That ziemlich sichere Nachrichten über solche Erscheinungen vor. Seneca erzählt, daß Ephorus, ein alter griechischer Schriftsteller eines Kometen gedenkt, der vor dem Verschwinden in zwei verschiedene Körper zerlegt zu sein schien; der römische Philosoph scheint Zweifel in die Möglichkeit einer solchen Thatsache zu setzen, Kepler bemerkt jedoch, daß ein solcher Vorgang vollkommen annehmbar sei; er führt ferner an, daß die zwei Kometen, die in derselben Gegend des Himmels 1618 erschienen, die Bruchstücke eines einzigen Kometen gewesen seien, der eine ähnliche Trennung erlitten hätte. Hevelius berichtet, daß Cysatus am Kopf des großen Kometen von 1618 unzweideutige Anzeichen einer Auflösung des Körpers in zwei verschiedene Teile bemerkt habe, als der Komet nämlich zum ersten Male im November gesehen wurde, erschien er als eine runde Masse dichten Lichtes, am 8. Dezember war er in verschiedene

Teile getrennt und am 20. desselben Monats glich er einer Menge kleiner Sterne. Hevelius bemerkt dann noch, daß er selbst Zeuge einer ähnlichen Erscheinung am Kopfe des Kometen von 1661 gewesen sei.

Aus neuerer Zeit liegt die Beobachtung eines Doppelkometen von Liais vor. Dieser Astronom entdeckte in Olinda in Brasilien zuerst am 26. Februar 1860 einen ihm unbekannten

Fig. 42.



Liais Doppelkomet am 10. März 1860.

Nebelfleck, dessen Bewegung bald die wahre Natur verriet. In unmittelbarer Nähe dieses Kometen befand sich ein zweiter kleiner und schwächerer Nebelfleck. Derselbe folgte in der Bewegung dem ersten und es bot sich hier die Eigentümlichkeit eines aus zwei getrennten Nebeln bestehenden Kometen. In den nächstfolgenden Tagen zeigte sich im Verhältnis der beiden Nebel zu einander, in ihrer Gestalt und Helligkeit keine wesentliche Veränderung. Im allgemeinen war im Innern des Hauptkometen eine helle sternartige Verdichtung zu sehen, wogegen der Nebenkomet gleichmäßig schwach war. Am 10. März erschien letzterer

beträchtlich heller als anfangs und beim Hauptkometen war der glänzende Punkt verschwunden, es hatte also jetzt deutlich eine Veränderung stattgefunden. Auffallender war dieselbe noch am 11. März, an welchem Abend der Hauptkomet eine doppelte kernartige Verdichtung erkennen ließ. Der Nebenkomet war im ganzen nicht verändert. Es lag an diesem Tage bei dem ersteren

Fig. 43.



Liais' Doppelkomet am 11. März 1860.

sozusagen das Bestreben vor, sich nochmals in zwei Teile zu teilen, so daß wir alsdann einen dreifachen Kometen vor uns gehabt hätten. Am nächsten Tage war wiederum nur ein Kern wie an den früheren Tagen zu sehen, aber die Gesamthelligkeit war viel geringer geworden. Bald darauf trat die Regenzeit ein und der Komet konnte in Olinda nicht mehr gesehen werden. Aus den vorhandenen Beobachtungen ergab sich der Periheldurchgang für den 16. Februar; nach den Sichtbarkeitsverhältnissen, wie sie Liais beschrieb, hätte der Komet ohne große Schwierigkeit noch an andern Orten beobachtet werden können, es war bedauerlich, daß von dieser interessanten Erscheinung erst so spä-

Nachricht an andere Sternwarten gelangte, daß die Auffindung nicht mehr glücken wollte. So blieben Liais und seine Assistenten die einzigen Beobachter, der Bogen der Bahn, in welchem der Komet verfolgt werden konnte, so klein, daß auch die Berechnung der gewünschten Schärfe entbehrt.

Es hat sich übrigens mehrere Male der Fall ereignet, daß ein Komet in ziemlicher Helligkeit aufgefunden wurde und dann in anscheinend rätselhafter Weise verschwand, ohne an andern Orten gesehen worden zu sein. Wir berücksichtigen hier nur solche Fälle, wo der Name des Astronomen, der das betreffende Objekt zuerst fand, Bürgschaft gegen jeglichen Irrtum bietet. Ein interessantes Beispiel dieser Art bietet ein Komet des Jahres 1880. Derselbe wurde am 21. Dezember von Cooper in Sheffield aufgefunden, am 24. und 25. Dezember wieder beobachtet. Bei der Entdeckung wurde seine Helligkeit mit der eines Sterns 4. Größe verglichen. An vielen Orten ist sobald es die damals freilich nicht günstige Witterung erlaubte, mit Ausdauer nach dem neuen Kometen gesucht, ohne daß es gelingen wollte seiner habhaft zu werden. Es konnten daher nur die drei nicht einmal exakten Beobachtungen für die Berechnung der Bahn benutzt werden, sie genügten aber um die Erklärung für das Mißlingen späterer Beobachtungen zu geben. Die Helligkeit mußte infolge der gleichzeitigen Entfernung von der Erde und Sonne rapid abnehmen, eine Woche nach dem Bekanntwerden der Entdeckung war seine Helligkeit bis auf wenige Hundertel der ursprünglichen heruntergegangen und wenn es vielleicht gelungen wäre ihn aufzufinden, sobald er als sehr schwaches Objekt bezeichnet gewesen wäre, so ist doch durch die Angabe der großen Helligkeit die Aufmerksamkeit des Astronomen irregeleitet worden. Merkwürdig ist aber bei diesem Kometen, daß er vor seiner Entdeckung noch viel heller gewesen sein muß und wenn er wirklich bei der ersten Beobachtung nicht wesentlich schwächer als ein Stern 4. Größe war, so hätte er 8 Tage früher dem bloßen Auge auffallen können. Trübe Witterung in jener Zeit, sowie der Umstand, daß er an dem

Tage der größten Helligkeit nicht sehr fern von der Sonne stand mögen jedoch auch hier die Erklärung geben, warum er nicht bemerkt worden ist. Wir lernen aber daraus, daß selbst beim fleißigsten Suchen nach Kometen seitens einer nicht geringen Zahl von tüchtigen und geübten Astronomen, doch noch viele Kometen der Beobachtung entschlüpfen.

### 7. Kometen der Jahre 1843, 1880, 1882.

Zu den Doppelkometen dürfen wir in gewissem Sinne auch den glänzenden Kometen des letzten Jahres rechnen, der übrigens soviel des Interessanten bot, daß er hier ausführlichere Besprechung finden muß. Derselbe bildet indessen mit zwei anderen großen Kometen, denen des Jahres 1843 und 1880 eine Gruppe, und wir können daher hier passend die Erscheinungen der drei Kometen zusammen vornehmen, wobei wir mit dem ersten, 1843, beginnen wollen.

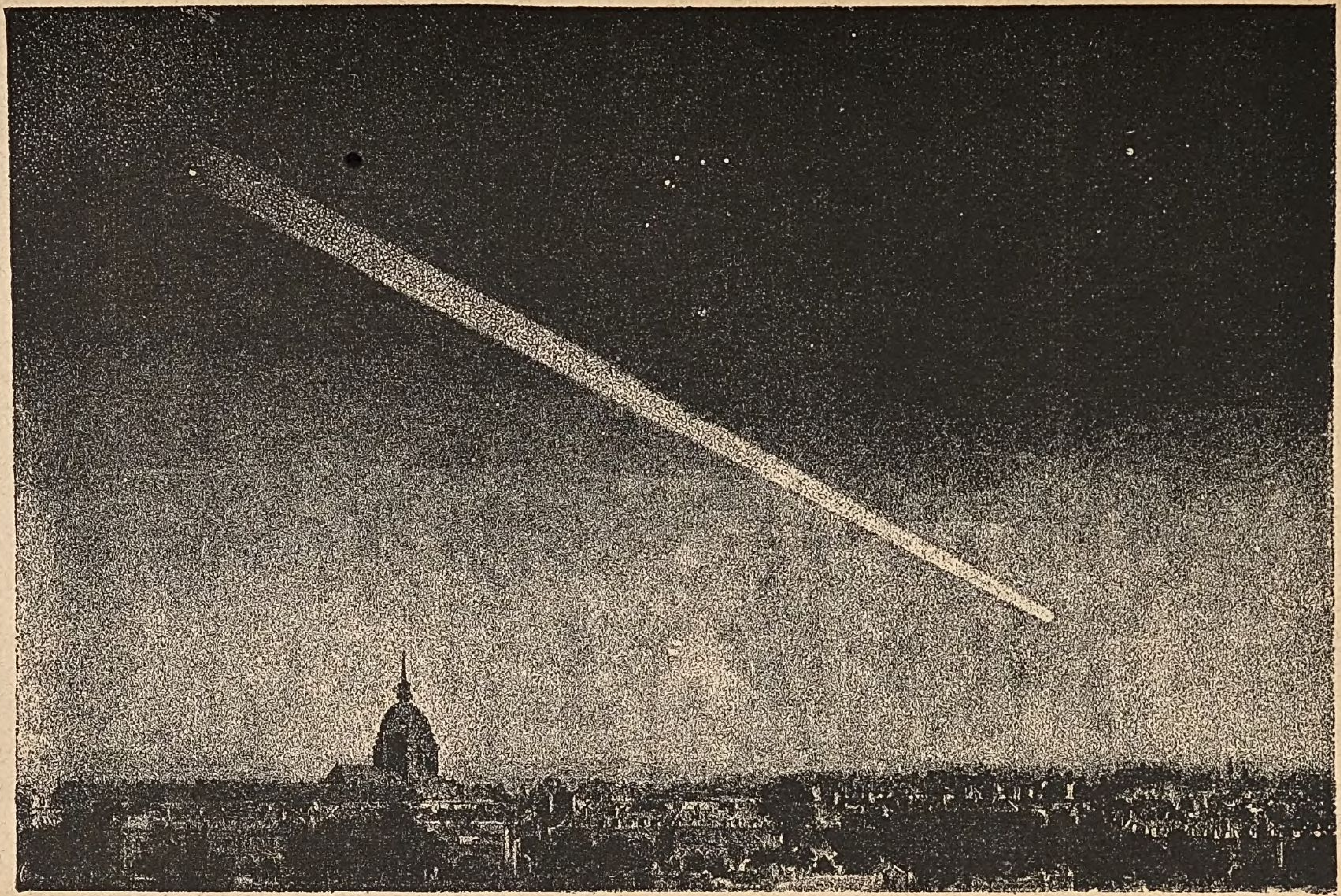
Dieser mächtige Komet erschien ganz plötzlich in Europa in der Nähe der Sonne am Westhimmel und zwar war in den ersten Tagen nur der ungeheuere Schweif sichtbar, weil der Kopf bereits untergegangen war. Man wußte bei der geraden schmalen Form des Schweifes zuerst lange nicht, was man aus der Erscheinung machen sollte. So berichtet Gauß in einem Brief an Schumacher: „Gestern Abend war ein heller Streif vielen Personen auffallend gewesen. Wäre Mondschein gewesen, so würde ich ihn für eine beleuchtete lange schmale Wolke gehalten haben. Dr. Goldschmidt hatte ihn schon etwa um 7½ Uhr bemerkt und das merkwürdige ist, daß er von da an den ganzen Abend, so lange er sichtbar war, immer denselben Platz zwischen denselben Sternen behielt. Es ist mir dabei wieder in Erinnerung gekommen, daß ich schon vor einigen Tagen auf der Straße von einer mir sonst nicht bekannten Person angeredet wurde, der mir sagte, er habe einen sonderbaren Lichtstreif am Himmel gesehen, ich erwiderte damals, das dies ohne Zweifel das Zodiacallicht gewesen sei, welches in der letzten Zeit sich jeden Abend aus-

nehmend schön zeigt, auch gestern, womit aber jener Streifen gar keine Ähnlichkeit hatte. Ich hätte freilich von der ganzen Sache Ihnen lieber jetzt noch gar nicht schreiben sollen, da sie wohl nur auf nichts hinausläuft, sehe doch aber gerne, daß es heute ein heiterer Tag ist und der Abend es hoffentlich auch sein wird (März 20.)".

Der Lichtstreif war an dem nächsten Abend wieder da und nahm nach Gauß Mitteilung augenscheinlich dieselbe Strecke am Fixsternhimmel ein wie am vorigen Abend. An beiden Seiten erschien der Streifen ziemlich scharf begrenzt, „was ist er nun, ist es ein Komet mit dem Kopf unter dem Horizont, oder ist es eine Erscheinung zu der bisher das Gegenstück fehlt?" Ähnlich waren die Berichte von anderen Sternwarten.

In Wien wurde mehrere Tage in den ersten Abendstunden am südwestlichen Himmel ein lichter sehr exzentrischer Nebel gesehn, der am 18. März als Schweif eines riesigen Kometen, dessen Kern ganz nahe am Horizont stand, erkannt wurde. Die Breite des Schweifs betrug etwa einen Grad, seine Länge wenigstens 40 Grad. Es kamen nun auch nach und nach Berichte aus südlicheren Orten, die an sich das Rätsel hätten lösen müssen, aber inzwischen waren auch auf den nördlichen Sternwarten durch die fortgesetzten Beobachtungen alle Zweifel geschwunden. Cooper in Nizza hatte bereits am 13. März den Streifen als Schweif erkannt und auch den Kopf des Kometen am Horizont aufgefunden. Merkwürdig rasch war die Abnahme der Helligkeit, in Königsberg wurde der Komet erst am 26. gesehen und war damals schon so schwach, daß die Beobachtung einige Mühe verursachte. So war denn wenig Hoffnung auf eine einigermaßen erfolgreiche Bahnberechnung, wenigstens wenn nicht aus dem Süden noch frühere Nachrichten eintrafen. Diese sollten nun freilich nicht ausbleiben und aus ihnen ging ferner noch hervor, wie glänzend der Komet schon vorher gewesen war. In Lissabon war er am 8. März, in Mexico, in Italien am 28. Februar gesehen. In Bologna, Parma, Genua und an anderen

Fig. 44.



Der Komet des Jahres 1843 am 19. März.

ähnlich gelegenen Orten erblickte man vormittags zwischen 11 und 12 Uhr östlich von der Sonne ein sehr lebhaft glänzendes Gestirn, von welchem ein Schweif ausging, der sich etwa 4 Grad weit verfolgen ließ. Aus Amerika wird erzählt, daß der Komet am 28. Februar am hellen Tage von tausenden Menschen beobachtet worden sei, damals stand er nur 4 Grad von der Sonne entfernt, das ist ein Abstand den man erhält, wenn man ein Dezimeter in anderthalb Meter Entfernung vom Auge erblickt. Die Länge des Schweifes soll damals $70^0$, nach andern Angaben sogar $90^0$ betragen haben. (Fig. 44.)

Encke unternahm die Berechnung der Bahn, auch andere Astronomen beschäftigten sich mit dieser Arbeit. Anfangs boten sich unerwartete Schwierigkeiten: die Rechnungen führten auf eine ganz fabelhaft kleine Entfernung von der Sonne, in welcher er sich beim Periheldurchgange befunden haben sollte, ja anfangs war dieses Element geradezu unbestimmbar, denn wenn man den Sonnendurchmesser in Betracht zog, so mußte darnach der Komet innerhalb der Sonnenkugel das Perihel passiert haben. Durch eine nicht große Veränderung in den der Rechnung zu Grunde gelegten Zahlen kam man auf die Bewegung in einer Hyperbel; hierdurch gelang es nun freilich den anfangs gefundenen Widerspruch fortzuschaffen, aber befriedigen konnte dieses Resultat auch nicht. Endlich fand sich nach ungeheueren Mühen eine Ellipse mit einer Umlaufszeit von $532^2/_3$ Jahren (Hubbard). Bei den ersten Elementen fiel auch die nahe Übereinstimmung derselben mit denen der Kometen 1668 und 1702 auf, und lange vermutete man die Identität mit beiden Kometen, was jedoch nicht wahrscheinlich war, später doch wenigstens mit dem einen der beiden. Nach dem Hubbardschen Resultat mußte nun natürlich ein solcher Gedanke ganz fallen gelassen werden.

Neue Zweifel an den Rechnungen über den Kometen 1843 entstanden im Jahre 1880, als unerwartet wiederum im Süden ein mächtiger Komet erschien.

Die astronomische Welt wurde durch ein Telegramm Goulds

aus Cordoba am 5. Februar überrascht, welches lautete „großer Komet passierte die Sonne in nördlicher Richtung“. Am nächsten Tage kam eine zweite Depesche, wonach die Bewegung nach Süden gerichtet sein sollte. Diese widersprechenden Nachrichten fanden alsbald in der Bahn des Kometen ihre Erklärung, aber merkwürdig genug, noch bevor nähere Nachrichten ankamen, wurde an den Kometen 1843 erinnert, der bei einer Geschwindigkeit von 550 Kilometer per Sekunde in der Nähe des Perihels fast die Sonnenoberfläche streifte und in $2^1/_4$ Stunden vom aufsteigenden zum niedersteigenden Knoten seiner Bahn eilte, daher auch seine Bewegungsrichtung änderte. Auch die Form seines Schweifes, die ganze Art der Erscheinung war der des Kometen 1843 nach damaligen Beschreibungen sehr ähnlich. Leider war die Helligkeitsabnahme wieder ganz außerordentlich rasch. Gill am Kap der guten Hoffnung hatte am 1. Februar den Schweif hinter dem Tafelberg sich verlierend ganz dicht bei der Sonne gesehen, aber erst am 8. Februar wurde es ihm möglich, den Kern durch Wolken zu erkennen und zwar beschreibt er ihn als ein armseliges nebliges Objekt, welches eines so glänzenden Schweifes nicht würdig sei. Ähnlich klagt Gould über die Schwierigkeit der Beobachtung und schon am 23. Februar war keine Spur mehr von dem Kometen zu sehen, so daß sich die eigentlichen brauchbaren Beobachtungen kaum über 14 Tage erstrecken. Der Schweif hatte eine Länge von 35—40 Grad erreicht, war dabei sehr schmal und ziemlich gleichmäßig hell, aber im Ganzen matt und kaum deutlicher als die Milchstraße in der Gegend des Stiers. Wäre es Winter statt Sommer gewesen, so hätte der Anblick in der Dunkelheit für die südlichen Sternwarten ein überaus prächtiger gewesen sein müssen.

Bei der Bahnberechnung fiel zunächst die große Annäherung an die Sonne auf und bevor Gould noch die übrigen Bahnelemente berechnet hatte, vermutete er die Identität mit dem Kometen des Jahres 1843; als nun auch die andern Größen, welche die Bahn bestimmen, ganz übereinstimmend mit den entsprechen-

den Größen für 1843 gefunden waren, wurde die Identität eine sehr wahrscheinliche. Aber freilich blieb die Thatsache, daß wie erwähnt, Hubbard für jenen Kometen eine Umlaufszeit von 530 Jahren berechnet hatte, ein zunächst unüberwindliches Hindernis für die Wiederkehr nach 37 Jahren. Und nicht allein darin bestand die Schwierigkeit, daß die Beobachtnngen des Jahres 1843 auf jene viel größere Periode geführt hatten, sondern es tauchte unter Annahme einer Umlaufszeit von 37 Jahren natürlich die Frage auf, wie konnte es möglich sein, daß ein so überaus glänzender Komet so häufig ungesehen an der Sonne vorübergezogen wäre. Es konnte — und dies wurde von einigen Astronomen behauptet — eine Erklärung wenigstens teilweise in der eigentümlich gearteten Bahn liegen. Auf der nördlichen Halbkugel, die wenigstens für sehr frühe Zeiten nur in Betracht kommen konnte, weil die Verbindung mit den südlichen Ländern, überhaupt in diesen die Civilisation gänzlich fehlte, kann der Komet nur dann für kurze Zeit dem bloßen Auge sichtbar werden, wenn sein Perihel in den Februar, März, Oktober oder November fällt. Beträgt nun seine Umlaufszeit 36 Jahre 11 Monate, wie es die Verbindung der Erscheinungen 1843 und 1880 fordern würde, so bleibt der Komet immer bei einigen nach einander folgenden Umläufen unsichtbar. Diese Ursache kann nun aber doch für die letzten Jahrhunderte nicht wohl anerkannt werden. Die Civilisation ist in der Weise vorgeschritten und über alle Gegenden der Erde verbreitet, daß, wenn selbst einmal ein Übersehen möglich gewesen wäre, dasselbe doch nicht so oft aus diesem Grunde hätte erklärt werden können. Bei dem Halleyschen Kometen lassen sich Berichte über jede Erscheinung viele Jahrhunderte zurückverfolgen und wenngleich dieser Komet stets länger am Himmel sichtbar blieb, so ist doch andererseits nach allen Angaben seine Erscheinung niemals eine so glänzende gewesen, wie die der Kometen 1843 und 1880 zur Zeit ihrer größten Helligkeit. Schon im Jahre 1843 wurde ja die Konjektur gemacht, daß die Kometen des Jahres 1668 und 1702 mit dem obigen identisch seien,

aber durch die Rechnungen widerlegt, jetzt machte sie sich aufs Neue geltend. Da aber die Zwischenzeiten, sei es 1668 bis 1843 oder 1702—1843 kein Vielfaches von 37 Jahren waren, so konnte auch hier nur in gezwungener Weise die Hypothese aufrecht erhalten werden.

Bei der großen Sonnennähe ist aus naheliegenden Ursachen auch die Frage diskutiert worden, ob etwa das für die Bewegung eines andern (des Enckeschen) Kometen supponierte widerstehende Mittel die Bewegung hier so hätte alterieren können, daß die Verkürzung der Umlaufszeit merkbar geworden wäre. Diese Untersuchungen hatten kein Ergebnis. Aber in interessanter Weise hat Klinkerfues die Aufgabe behandelt und wenn auch der Beweis der Richtigkeit seiner Hypothese erst im Laufe der Jahre durch die Wiedererscheinung eines Kometen wird erbracht werden können, so spricht doch vieles zu Gunsten derselben und sie darf jedenfalls hier nicht unerwähnt bleiben. Klinkerfues hält an der Identität der Kometen 1668, 1843, 1880 fest, behauptet aber, daß der Komet von 1668—1843 nicht zurückgekehrt sei, mit andern Worten, daß seine 175jährige Umlaufszeit in eine 37jährige abgekürzt sei. Die Erklärung für diese große Anomalie giebt er in der folgenden Weise. Alle hier in Frage kommenden Kometen passieren in auffallend geringer Entfernung die Sonnenoberfläche, wir wissen, daß Encke sogar erst auf eine Größe geführt wurde, wonach der Komet sozusagen aus der Sonnenkugel hätte herausgeschleudert worden sein müssen, daß erst durch hyperbolische, später elliptische Bahnen dieses Paradoxon fortgeschafft werden konnte. Es läßt sich nun ein Elementensystem suchen, welches sich gleichmäßig den Beobachtungen 1843 und 1880 anschließt und welches auch der Erscheinung 1668 genügt, wenn man nur die Umlaufszeit auf 175 Jahre erhöht. Ein solches Elementensystem ergiebt für die Entfernung der Kometen in der Sonnennähe 894 500 Kilometer, die Sonne selbst hat einen Halbmesser von 694 000 Kilometer; darnach kam also der Komet der Sonnen**oberfläche** auf etwa 200 000

Kilometer nahe (halb so nahe als der Mond der Erde). Wir wissen nun — und dies ist in dem Bande der Sammlung „über die Sonne und Planeten" von Becker näher besprochen —, daß die Corona der Sonne, also positiv ihr angehörende Teile bis auf wenigstens 700 000 Kilometer hinaus sich erstrecken; nicht selten sind sogar Protuberanzen, die aus der Chromosphäre emporgeschleudert werden, bis auf Entfernungen von 400 000 Kilometer über der Oberfläche bemerkt worden. Mag nun die Corona aus noch so feiner Materie bestehen, so ist sie doch nicht absolut leerer Raum und da sich nun der Komet mit der enormen Geschwindigkeit von 540 Kilometer in der Sekunde im Perihel bewegt, so muß notwendig ein Widerstand eintreten. Ein solcher Widerstand verkürzt den Umlauf in hohem Grade, man kann ferner aus einer solchen Abkürzung die Größe des Geschwindigkeitsverlustes beim Periheldurchgang berechnen oder doch wenigstens schätzen. Im vorliegenden Fall findet sich, daß, wenn es darauf ankommt, die Umlaufszeit von 175 Jahre auf 37 Jahre zu verkürzen, jene Geschwindigkeit von 540 Kilometer beim Periheldurchgang sich nur um etwa $^1/_3$ Kilometer zu verringern braucht; der Verlust der Geschwindigkeit ist also durch den Widerstand ein sehr geringer. Klinkerfues geht nun weiter zurück und untersucht wie groß bei gleichem Widerstande die nächste Umlaufszeit vor 1668 gewesen sein müsse. Bei der in unserem Falle gefundenen Periheldistanz kommt man dann freilich auf eine hyperbolische Bahn, man braucht aber die Entfernung nur um den geringen Betrag von 80 Kilometer zu vermindern, eine Größe die weit innerhalb der zulässigen Ungenauigkeit in der vorliegenden Berechnung ist, so erhält man dann die Umlaufszeit 2039 Jahre. Man erkennt zugleich aus diesen Angaben, wie kleine Größen in gewissen Elementen schon genügend sind, um dem Resultat einen ganz andern Charakter zu geben, wie sehr es also auf die denkbar größte Schärfe in Beobachtung und Rechnung ankommt, wenn letztere einen gewissen Grad der Sicherheit haben soll. Bei einer Umlaufszeit von 2039 Jahren wird

man nun auf das Jahr 371 vor Chr. geführt und in diesem Jahre ist von Aristoteles eine Kometenerscheinung beschrieben, die sich wohl auf unsern Kometen beziehen könnte, indem die Aristotelische Beschreibung viele Analogie zu 1843 bietet. Auch damals wurde der Komet nahe bei der Sonne gesehen, der Perihelabstand war sehr gering, sein Schweif war schmal und lang. Und wenn man aus den approximativen Angaben der Orte, wo der Komet nach Aristoteles gestanden habe, eine Bahn zu berechnen versucht, so kommt man auf Elemente, die in Anbetracht der höchst unsichern Grundlagen bemerkenswert mit denen der neuen Kometen übereinstimmen. Aber wenn dies der Fall wäre, wie würde sich die Umlaufszeit ferner gestalten? Klinkerfues berechnet, daß die Umlaufszeit erst auf 17—18 Jahre, dann auf 10 Jahre herabgehen müsse, wir hätten also zunächst am Ende dieses Jahrhunderts eine Wiederkehr zu erwarten und wenn dieselbe eintreten sollte, so würden diese Rechnungsresultate natürlich einen sehr hohen Grad der Wahrscheinlichkeit erreichen. Beiläufig sei hier bemerkt, daß der Komet 1680 bei nahe gleich geringer Periheldistanz auch ebenso tief in die Sonnenatmosphäre eintauchen und daher auch einen entsprechenden Widerstand erlitten haben mußte. Indessen muß der wirklich erfahrene Widerstand notwendig geringer wie in obigem Falle gewesen sein, denn hätte er von seiner Geschwindigkeit, die 530 Kilometer betrug, nur 26 Meter eingebüßt, so hätte er uns bereits wieder erscheinen müssen. Man braucht jedoch diesem Kometen nur etwas größere Dichtigkeit als jenem zu geben, um den geringeren Geschwindigkeitsverlust zu erklären.

Noch war über die Kometenerscheinungen 1880 und 1843 eine genauere definitive Berechnung nicht geliefert, als eine neue Entdeckung ähnlicher Art die Astronomen überraschte. Wiederum war auf den südlichen Sternwarten ein mächtiger Komet unerwartet in großer Sonnennähe gesehen worden und auch seine Bahnelemente zeigten eine Analogie mit denen der eben besprochenen Kometen. Hatte die Umlaufszeit sich in so großem

Maße verkürzt und erschien der Komet aus dem Jahre 1880 jetzt nach 2½jähriger Pause bereits wieder? Fast konnte es so scheinen, denn es ließ sich nicht wohl angeben, welcher Art die Störungen waren, die der Komet bei seinem notorischen Durchgang durch die Sonnenatmosphäre erlitten haben mußte. Diese ersten Annahmen hielten aber nicht lange vor der Berechnung stand. Es gelangen im Gegensatz zu den Erscheinungen 1843 und 1880 eine große Menge Beobachtungen, und wenn der Komet auch während seiner größten Helligkeit in den Morgenstunden des Oktober und November sich nur wenig über unserm Horizont erhob und die Witterung meistens beispiellos regnerisch und trübe war, so hat er doch als schwächeres Objekt noch viele Wochen bis in den Anfang des vorigen Jahres verfolgt werden können. Von großer Wichtigkeit ist außerdem für die schließliche Berechnung der Umstand, daß der Komet mehrere Wochen vor seiner Sonnennähe beobachtet worden ist, es wird sich daher feststellen lassen ob und welchen Einfluß der Durchgang durch die Atmosphäre auf seine Bewegung hatte. Nach den seitherigen Berechnungen lassen sich jedoch die Beobachtungen vor und nach dem Perihel so gut durch eine Bahn darstellen, daß eine bemerkenswerte Störung nicht stattgefunden hat. Die Bahn selbst stellt sich auch als eine Ellipse dar, die auf eine Umlaufszeit von ca. 800 Jahren führen würde, an eine Identität dieses Kometen mit den vorher besprochenen ist keinenfalls zu denken und es ist hier nur die Annahme möglich, daß wohl ursprünglich diese Kometen einem einzigen Körper angehörten und nach einer Trennung in relativ kurzen Zwischenräumen auf einander in ähnlichen Bahnen folgen, um sich im Laufe der Zeiten mehr und mehr von einander zu entfernen.

Der Komet 1882, die letzte großartige Erscheinung dieser Art, muß nach den Berichten derer, die so glücklich waren ihn in der größten Helligkeit zu sehn, wohl der glänzendste Komet aller Zeiten gewesen sein. In unmittelbarer Nähe der Sonne wurde er zur Mittagszeit gesehen und was bisher noch bei keinem

Kometen hatte beobachtet werden können, er konnte bis an den Eintritt in den Rand der Sonnenscheibe verfolgt werden. Wäre nun der Komet wie die Planeten von mäßigem Durchmesser und selbst ein dunkler Körper gewesen, so hätte er auch vor der Sonnenscheibe, da er zwischen Erde und Sonne in der Ebene der Ekliptik hindurchging, als schwarzer Punkt oder Scheibe gesehen werden müssen, aber er verschwand bei seiner Berührung mit der Scheibe; aller Wahrscheinlichkeit nach hat er sich im Zustand höchster Glühhitze befunden.

Fig. 45.



Der große Komet 1882 nach Doberck, am 12. Oktober.

In weiterer Hinsicht hat der Komet durch die Vorgänge am Kern hohes Interresse erregt. Es wurde in vielen Tagesblättern bekannt, daß an der Wiener Sternwarte mit dem eben vollendeten Riesenfernrohr von 26 Zoll Objektivöffnung eine Teilung des scharfen Kometenkerns in zwei gesonderte Teile beobachtet worden war, es bot sich also ein Seitenstück zum Bielaschen Kometen. Diese Zerteilung war nun in der That schon beträchtlich früher an mehreren andern Orten, Kiel, Karlsruhe u. s. w. gesehen und auch der Abstand beider Kerne gemessen worden. Für die Berechnung der Bahn liegt hierin eine beträchtliche Schwierigkeit, denn bald zeigte sich, daß bei zunehmender

Schwäche die Teilung in den Fernröhren geringerer optischer Kraft nicht mehr wahrzunehmen war, es wird also darnach zu untersuchen sein, ob bei den Ortsbestimmungen an den verschiedenen Sternwarten auch dieselben Punkte des Kometeninnern beobachtet worden sind — dies ist sicher nicht der Fall und es kann dadurch eine Verdunkelung der wahren Bahn entstehen, indem vor dem Perihel nur von einem Kern die Rede war und

Fig. 46.



Der große Komet 1882 im Washingtoner Refraktor am 16. November.

die Trennung, womit sich die verschiedenartige Auffassung verbindet, erst nach dem Perihel stattfand.

Bei fortgesetzter Beobachtung haben sich noch mehrere Kerne vom Hauptkern losgelöst und an verschiedenen Orten sind 4 getrennte Kerne wahrgenommen worden. Diese Trennungen geben selbstredend Zeugnis von ganz gewaltigen Umwälzungen, die am Kometen jedenfalls infolge der ungeheueren Wärmeentwicklung bei der Annäherung an die Sonne stattgefunden, und es ist auffallend, daß sich der Komet doch im allgemeinen in seinem Glanz nicht veränderte, ja mehr noch, daß sich in seiner Bewegung bis-

her nicht die leiseste Spur einer Anomalie hat erkennen lassen. Es hat den Anschein, daß nicht allein Abtrennungen am Kern, also noch innerhalb des Kometen selbst, vorkamen, und die sich vielleicht später wieder vereinten, sondern, daß sich wirklich Teile der Nebelmaterie gänzlich loslösten, welche als formlose Massen in der Bahn des Kometen weiterzogen. Aus Amerika sind mehrfach solche Notizen zu uns herübergekommen, sie sind aber freilich so unbestimmt, das es gewagt wäre allzu großes Gewicht auf sie zu legen. Anders verhält es sich mit der Beobachtung des bekannten und oft erwähnten Athener Astronomen J. Schmidt. Derselbe bemerkte zuerst am 9. Oktober in unmittelbarer Nähe des Kometen ein sehr auffallendes ziemlich helles sichelförmig gekrümmtes Nebelgebilde von beträchtlicher Ausdehnung, am nächsten Tage zeigten sich deutlich 5 Zacken und die Zeichnung sowohl als die Ortsbestimmung des Objekts wurde unsicher. Am 11. Oktober gelang es nochmals den Nebel zu sehen und genähert den Ort desselben zu ermitteln, sodaß aus diesen dreitägigen Angaben wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit die Art der Bewegung abgeleitet werden konnte. Es fand sich hiernach zwar eine sehr große Ähnlichkeit der Elemente, aber doch bleibt es unsicher, ob jenes von Schmidt beobachtete unzweifelhaft mit kometarischer Bewegung behaftete Objekt zu dem großen Kometen in Beziehung stand. Vom 12. Oktober an konnte es nicht mehr aufgefunden werden.

Nicht allein der Kern resp. der Kopf des Kometen zeigte diese sonderbaren Vorgänge, auch der Schweif ließ ganz eigentümliche Formen erkennen, nach den Angaben einiger Astronomen war ein zur Sonne hin gerichteter Ausläufer des Hauptschweifes oder besser ein in dieser Richtung befindlicher Nebenschweif zu sehen; genauere Beobachtungen haben indessen den Kometen mit seinem Schweif wie in einem Nebelrohr befindlich erkennen lassen. Also auch hier wieder Umwälzungen, Veränderungen, zu denen uns an den Vorgängen auf der Erde und soweit unsere Wahr=

nehmungen über die entfernten Körper des Himmels reichen, jedes Seitenstück fehlt.

### 8. Enckes Komet. Widerstehendes Mittel. Fayes Komet.

Enckes Komet. Am 26. November des Jahres 1818 wurde von Pons in Marseille, einem der unermüdlichsten Kometenjäger, ein Komet entdeckt, der wegen seiner Schwäche kaum zwei Monate lang beobachtet werden konnte. Encke, der damals Astronom auf dem Seeberg bei Gotha und erst 27 Jahr alt war, zeigte seine große Geschicklichkeit im Rechnen darin, daß er fast von jedem Kometen, welcher während seines Seeberger Aufenthalts erschien, eine Bahn berechnete. So wartete er auch nur die genügende Anzahl Beobachtungen ab, die Nicolai in Mannheim und er selbst auf dem Seeberg anstellten, um den Weg des neuen Kometen zu erforschen. Die Parabel, welche er zuerst erhielt, ließ aber so auffallende Unterschiede zwischen den berechneten und beobachteten Örtern übrig, wie sie bei der anerkannten Geschicklichkeit der Beobachter nicht zu erwarten, ja geradezu unerklärlich, unzulässig waren. Nach mehreren Versuchen fand nun Encke, daß die Beobachtungen nur durch eine Ellipse dargestellt werden konnten, und zwar ergab sich eine so kurze Ellipse, daß der Komet dieselbe in einem Zeitraum von 3.6 Jahren durchlaufen mußte, also in nicht wesentlich anderer Zeit als die kleinen Planeten zur Beschreibung ihrer Bahn gebrauchten. Dieses Resultat mußte ihn natürlich im höchsten Grade stutzig machen, die meisten Kometen hatten bis dahin Bahnen ergeben, die entweder eine Parabel waren oder die doch einer Parabel so nahe kamen, daß die Wiederkehr erst in endlosen Zeiträumen zu erwarten stand. Eine Ausnahme hatte zwar der Halleysche Komet gemacht, dessen elliptische Bahn durch die letzte Wiederkehr 1759 vollständig sicher erwiesen war, aber doch war auch hier die Periode im Vergleich zu den meisten übrigen Körpern des Sonnensystems eine lange und jedenfalls war es eine höchst befremdende Erscheinung, daß ein Komet vorhanden sein sollte, der ungefähr eben so oft zur

Sonne zurückkehrt, als dies bei den näheren Planeten der Fall war. Indessen das Resultat fand eine anscheinende Bestätigung in dem Umstande, daß im Jahre 1805/6 ein Komet beobachtet worden war, dessen Örter sich auch nicht gut durch eine Parabel darstellen ließen und daß außerdem die Elemente der Bahn dieses Kometen denen des neuen in vieler Beziehung sehr ähnlich waren.

Encke erbat sich den Rat von Gauß, bevor er an die umfangreiche Arbeit zur Untersuchung der Identität der beiden Kometen ging, und er erhielt die vollste Aufmunterung seitens des großen Mannes. Er rechnete nun nicht allein aufs Jahr 1805 zurück, sondern nachdem ihn Olbers auf die Ähnlichkeit der Bahnelemente des Kometen von 1795 aufmerksam gemacht hatte, auch bis auf diesen Zeitpunkt. Es stellte sich nun wirklich heraus, daß derselbe Komet schon 1795 und 1806 beobachtet worden war, er hat von 1795 bis 1806 zweimal, von 1806 bis 1818 dreimal die Sonnennähe passiert, ohne gesehen worden zu sein. Endlich fand sich aber noch, daß ein Komet den Méchain im Jahre 1786 entdeckte, der aber nur zweimal beobachtet werden konnte und daher zu einer Bahnberechnung nicht die notwendige Grundlage geboten hatte, kein anderer war als der, dessen Bahn Encke soeben bestimmt hatte.

So hatte Encke eine beträchtliche Anzahl Erscheinungen zur Verfügung und er ging nun auch an die Vorausberechnung der nächsten Wiederkehr. Er bestimmte den Betrag der Störungen, indem er dabei die Wirkungen aller Planeten mit Ausnahme des Uranus und der Asteroiden, die sich zwischen Mars und Jupiter um die Sonne bewegen, zu ermitteln suchte. Die Störungen seitens des Merkur wurden wegen ihrer Größe von 4 zu 4 Tagen, die der Venus und Erde von 12 zu 12 Tagen, die des Mars, Jupiter und Saturn von 36 zu 36 Tagen berechnet und zwar für jeden Planeten so lange bis die Wirkung desselben unmerklich wurde. Bei der nächsten Wiederkehr 1822 war die Stellung des Kometen für die Beobachtung auf der

nördlichen Hemisphäre nicht günstig, aber er wurde von Rümker in Paramatta in New-South-Wales aufgefunden. Die Wiederkehr zum Perihel war etwas verfrüht und da auch ähnliches sich in den vorhergehenden Umläufen angedeutet fand, so kam Encke schon jetzt auf die Idee der Existenz eines widerstehenden Mittels, eines Äthers. Hierdurch ist der Komet für die Astronomie von so ungeheurer Wichtigkeit geworden, die Berechnung seiner Bewegung hat einen unglaublichen Aufwand an Geisteskraft seitens der Astronomen gefordert und nicht allein zahlreiche numerische Rechnungen, sondern auch die tiefsten theoretischen Untersuchungen zur Folge gehabt.

Die Rückkehr im Jahre 1825 war zur Entscheidung einer so schwierigen Frage nicht geeignet, aber die nächste im Jahre 1829 bot hierzu um so bessere Gelegenheit. Warum die eine Erscheinung günstiger als die andere sein kann, wird erklärlich, wenn wir beachten, daß das Aphel sehr nahe bis an die Jupitersbahn hinanreicht. Wenn nun Jupiter sich in dem Teil seiner Bahn befindet, welcher dem Aphel des Kometen nahe liegt, so wird natürlich die Störung seitens des Planeten auf die Bewegung des Kometen sehr erheblich sein, und wenn wir bei der Berechnung dieser Wirkung einen fehlerhaften Wert für die Jupitersmasse anwenden, so werden sich beträchtliche Differenzen zwischen dem vorausberechneten und dem beobachteten Kometenort ergeben, und zwar unabhängig von den Wirkungen, welche die Existenz eines widerstehenden Mittels hervorrufen konnte. So verhielten sich die Verhältnisse ohngefähr während der Revolution des Kometen 1819—22, bei welcher Gelegenheit Encke unter Anwendung der älteren Bestimmung der Jupitersmasse fand, daß der Fehler in der Rückkehr zum Perihel nicht genügend durch die Annahme eines widerstehenden Mittels erklärt werden konnte. Jetzt nun berechnete Encke die Störungen des Kometen unter Annahme der Existenz des widerstehenden Mittels, indem er die Masse des Jupiter als mit unbekannten Fehlern behaftet einführte. So erhielt er für diese Masse einen Wert der fast

vollständig mit den Resultaten übereinstimmte, die inzwischen aus den Bewegungen der kleinen Planeten abgeleitet waren und diese Übereinstimmung in Verbindung mit der Hypothese des widerstehenden Mittels gab ihrerseits der letzteren eine erhöhte Wahrscheinlichkeit. Unter den Astronomen war anfangs Olbers ein eifriger Anhänger der Enckeschen Hypothese, wogegen Bessel sich nicht wohl mit ihr befreunden zu können erklärte. Die späteren Arbeiten, die nun regelmäßig beobachteten Wiedererscheinungen des Kometen stellten die Thatsache einer jeweiligen Beschleunigung im Umlauf außer Zweifel und so hat man auch die Enckesche Erklärung für dieselbe gelten lassen. Der Komet erreichte an den folgenden Tagen, seit der ersten Auffindung seiner elliptischen Bahn und der darauf basierten Vorausberechnung sein Perihel:

| | | |
|---|---|---|
| 1819 Januar 27. | 1838 Dezember 19. | 1858 October 18. |
| 1822 Mai 23. | 1842 April 12. | 1862 Februar 6. |
| 1825 September 16. | 1845 August 10. | 1865 Mai 28. |
| 1829 Januar 10. | 1848 November 26. | 1868 September 14. |
| 1832 Mai 4. | 1852 März 15. | 1871 Dezember 29. |
| 1835 August 26. | 1855 Juli 1. | 1875 April 12. |

Fügen wir zu diesen noch die vorhergehenden beglaubigten Erscheinungen der Jahre 1786, 1795, 1805, so ist in der That für die Bearbeitung der Bahn ein so beträchtliches Material vorhanden, wie es nur wenige unter den Planeten bisher bieten. Aber die Schwierigkeit der Berechnung ist eben doch eine andere, die abgesehen vom widerstehenden Mittel in der langgestreckten Form der vom Kometen beschriebenen Ellipse liegt. Wenn wir nun die genauen Zeiten der Durchgänge durchs Perihel berücksichtigen, so finden sich zwischen den einzelnen Erscheinungen nach Encke die folgenden Zwischenzeiten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Von 1786—1795 | 3 mal | 1212 Tage | 15 Stunden | 7 Min. |
| 1795—1805 | 3 „ | 1212 | 12 | 0 |
| 1805—1819 | 4 „ | 1212 | 0 | 29 |
| 1819—1822 | | 1211 | 15 | 50 |

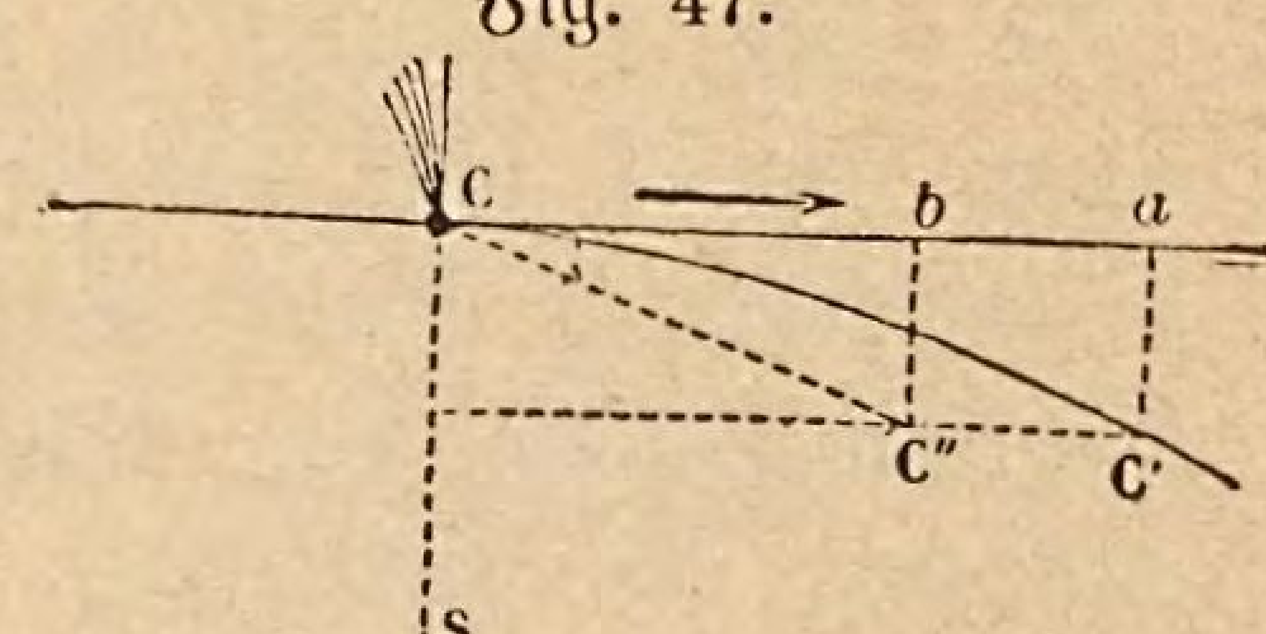
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Von | 1822—1825 | 1211 Tage | 13 Stunden | 12 Min. |
| | 1825—1829 | 1211 | 10 | 34 |
| | 1829—1832 | 1211 | 7 | 41 |
| | 1832—1835 | 1211 | 5 | 17 |
| | 1835—1838 | 1211 | 2 | 38 |
| | 1838—1842 | 1210 | 23 | 31 |
| | 1842—1845 | 1210 | 21 | 7 |
| | 1845—1848 | 1210 | 18 | 29 |
| | 1848—1852 | 1210 | 17 | 2 |
| | 1852—1855 | 1210 | 15 | 17 |
| | 1855—1858 | 1210 | 13 | 41 |

Es ergiebt sich also die oben erwähnte Erscheinung der unausgesetzten Beschleunigung mit voller Unzweideutigkeit. Darnach wirft sich ohne weiteres die Frage auf, wird diese Abnahme in der Umlaufszeit fortdauern? Wenn sie es thut, so wird sich nach den Keplerschen Gesetzen die halbe große Axe der Bahn entsprechend vermindern und der Komet wird sein Ende in dem Hineinstürzen in die Sonne finden. Bis jetzt hat die Abnahme in der That fortgedauert und wenn auch Schwierigkeiten in der Darstellung der Bewegung noch nicht gelöst sind, diese Thatsache steht wenigstens fest.

Aber, hören wir jetzt den Leser fragen, wie kommt es, daß wenn der Komet in seiner Bewegung um die Sonne einen Widerstand erfährt, seine Rückkehr beschleunigt wird? Sie müßte doch vielmehr verzögert werden? Letzteres würde nur dann der Fall sein, wenn der fragliche Körper sich in einer ganz bestimmten Richtung bewegt, von welcher er nach keiner Seite hin abgelenkt werden kann, so erfährt ein Bahnzug durch einen ihm entgegengerichteten Sturm entschieden eine Verzögerung in seiner Bewegung. Das ist aber anders beim Kometen, der sich mit gewisser Geschwindigkeit um die Sonne bewegt und dabei jede beliebige Richtung annehmen kann; er wird eine Bahn verfolgen, die einesteils von seiner Geschwindigkeit in dem gegebenen Augenblick abhängt, andererseits von der Kraft, mit welcher er von

der Sonne angezogen wird. Wenn nun die Geschwindigkeit des Kometen vermindert wird, so wie es infolge des widerstehenden Mittels geschehen müßte, so würde, da die anziehende Kraft der Sonne dieselbe bleibt, der Komet gleichsam zur Sonne gezogen werden, er würde (Fig. 47), anstatt den Weg CC′ den Weg CC″ in derselben Zeit beschreiben müssen. Nach Keplers drittem Gesetz besteht aber ein festes Verhältnis zwischen der großen Axe einer Bahn und der Umlaufszeit des betreffenden Himmelskörpers, so daß, wenn die mittlere Entfernung von der Sonne vermindert wird, auch die Umlaufszeit vermindert wird. Es muß also das widerstehende Mittel beschleunigend auf die Rückkehr zum Perihel wirken und da, wenn wir diese Existenz annehmen wollen, die Ursache ungeschmälert bleibt, ja da der Äther nach der Enckeschen und sicher berechtigten Annahme, nach der Sonne zu stets an Dichtigkeit zunimmt, so wird die Wirkung auch eine stetig steigende sein und es muß dann in der That die Verkürzung der Umlaufszeit immerfort weitergehen, der Komet bewegt sich in einer immer enger werdenden Bahn, in einer Spirale, und muß dann schließlich wirklich in die Sonne stürzen.

Fig. 47.




Wirkung eines widerstehenden Mittels auf die Bewegung eines Kometen.

Wenn nun ein solcher Äther existiert, so muß derselbe auf alle die Sonne umkreisenden Körper in gleicher Weise wirken und es ist nun die Frage, ob wir seine Spuren auch in den Bewegungen anderer Glieder unsers Systems bemerken. Dies ist nun freilich seither nicht der Fall gewesen und darin hat man von verschiedener Seite einen Beweis gegen die Existenz finden zu müssen geglaubt. Was aber die Bewegung der Planeten betrifft, so haben diese eine so bedeutende Dichtigkeit, daß ein Stoff von solcher Feinheit, wie er zur Hemmung der luftigen Kometen ganz genügend wäre, einen Einfluß auf die Bewegung jener noch nicht auszuüben brauchte. Von den Kometen

können aber hier natürlich nur die periodischen in Betracht kommen und dabei auch wiederum nur die, deren Bahnen mit bedeutender Sicherheit ermittelt werden konnten, die schon oft zur Sonne zurückkehrten. An solchen Kometen ist nun kein Reichtum und wenn wir die Annahme festhalten, wonach die Dichtigkeit des widerstehenden Mittels mit der Entfernung von der Sonne abnimmt und zwar nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnis, so wird die Zahl noch geringer. So ist z. B. der Halleysche Komet auch nicht mit Erfolg hier zu benutzen, da er nur den kleinsten Teil seiner Bahn in der Gegend des Raumes vollendet, wo sich der Enckesche Komet fast immer aufhält. Ein anderer Komet schien anfangs eine Bestätignng liefern zu sollen. Dieser wurde von Faye in Paris 1843 entdeckt und die Rechnungen ergaben bald eine Ellipse von 7½ Jahren Umlaufszeit. Zu wiederholten Malen wurde er wieder beobachtet und hier zeigte sich zunächst eine ähnlich beschleunigte Rückkehr. Die sehr sorgfältigen Untersuchungen Möllers haben nun aber die Bahn mit solcher Genauigkeit bestimmt, daß dieser Komet wie ein Planet regelmäßig zu vorausberechneter Zeit eintrifft, und bei der Berechnung ist nur an den Wirkungen und Einflüssen der Planeten, wie sie sich nach dem Newtonschen Gesetz ergeben, festgehalten worden. Es ist also in diesem Falle für die Existenz eines widerstehenden Mittels gar kein Raum geblieben. Indessen spricht auch dieser Umstand noch nicht gegen die Enckesche Hypothese, da die Bahn des Faye-Möllerschen Kometen für jenen Einfluß ungünstig liegt, die größte Sonnennähe ist nämlich jenseits der Venusbahn, während sie beim Enckeschen noch innerhalb derselben fällt. Bei einem andern periodischen Kometen, der aber noch nicht genügend oft beobachtet werden konnte, sind eher die Wirkungen im Laufe der Zeit zu erwarten.

Nach Enckes Tode sind die Rechnungen an der Pulcowaer Sternwarte von von Asten und nach dessem Tode in jüngster Zeit von Backlund fortgesetzt worden. Da das ganze Problem der Berechnung der Störungen nicht in absoluter Form gelöst

werden kann, sondern man sich nur der Wahrheit auf dem Wege der indirekten Methode immer mehr nähern kann, so ist es im vorliegenden Fall, wo die Werte der Störungen sehr beträchtlich ansteigen, notwendig, die Rechnungsmethoden umzubilden, den gegebenen Verhältnissen anzupassen. Dies ist aber noch nicht in der Weise gelungen, daß ein Abschluß der Arbeiten in gewissem Sinne erwartet werden könnte. Ja, wie an so vielen Stellen in der Astronomie, haben sich auch hier bei der gesteigerten Forderung der Genauigkeit immer neue Hindernisse in den Weg gestellt, Hindernisse, die anfangs unüberwindlich erscheinen, bis es doch schließlich gelingen muß, an irgend einer Stelle den engen Weg zu finden, der zu dem Punkte führt, von wo wieder weitere Ausblicke gewonnen werden. Hier hat sich nämlich gefunden, daß die späteren Erscheinungen mit denselben Beschleunigungen eintreten wie die früheren, daß aber zwischen 1868—72 eine Unregelmäßigkeit stattgefunden hat, die den unmittelbaren Anschluß der früheren an die neueren Beobachtungen unmöglich machte. Hoffen wir, daß es bald gelingt, die richtige Erklärung für die Bewegung dieses Kometen bis in ihre Einzelheiten aufzufinden.

Bei der Besprechung des Enckeschen Kometen haben wir noch zu erwähnen, daß er in Folge des großen Einflusses, den Merkur auf seine Bewegung ausübt, ein sehr gutes Mittel bietet, über die Masse dieses Planeten Aufschluß zu erhalten. Gerade für den Merkur, der nach unserer Kenntnis von Monden nicht umgeben ist, war es von Wert, durch den Kometen in anderer Weise, als es sonst geschehen könnte, zu dieser Bestimmung zu gelangen. Das nähere hierüber ist jedoch in dem Buche Beckers über Sonne und Planeten zu lesen.

Was die äußere Erscheinung des Kometen anbetrifft, so hat derselbe niemals zu den glänzenden Kometen gehört; unter günstigen Verhältnissen, wenn der Komet gleichzeitig der Erde und der Sonne sehr nahe war, ohne dabei jedoch von der Erde aus mit der Sonne in gleicher Richtung zu stehen, ist er dem bloßen

Auge gut sichtbar gewesen, es ist dann auch eine mäßige Schweifentwickelung bemerkt worden. Bei weniger günstigen Umständen ist er nur in den stärksten Fernröhren wahrnehmbar. Manche Astronomen, die den Kometen unter gleichen Sichtbarkeitsverhältnissen in verschiedenen Erscheinungen beobachteten, wollen eine Lichtabnahme in neuerer Zeit erkannt haben. Ähnliches könnte auch aus den Berichten über die früheren Erscheinungen des Halleyschen Kometen abgeleitet werden, und es wäre ja nicht unmöglich, daß die Kometen mehr und mehr von ihrer Materie durch die Anziehungen, die sie auf ihrem Wege durch andere Körper erleiden, verlieren, ohne daß eine entsprechende Ergänzung in den fernen Himmelsräumen stattfindet. Man wird jedoch gut thun, solche Berichte nicht mit zu großem Vertrauen aufzunehmen, es kommen so viele Verhältnisse in Betracht, die die scheinbare Helligkeit der nebligen Objekte beeinträchtigen können, ohne daß darum gerade auf eine wirkliche Abnahme geschlossen zu werden braucht.

## 9. Spektra der Kometen.

Es ist wohl selbstverständlich, daß die neue Untersuchungsmethode der Spektralanalyse so bald als möglich auch auf die Erforschung der Kometenkonstitution angewandt worden ist. In einem anderen Werke dieser Sammlung (Gerland, Licht und Wärme) ist über die verschiedenen Spektra eingehend gehandelt und das nähere mitgeteilt, wie es möglich geworden, mit Hilfe der Lichtanalyse den Stoff, aus welchem der leuchtende Körper besteht, zu bestimmen. Hier brauchen wir daher nur daran zu erinnern, daß drei Arten der Spektra zu unterscheiden sind, und zwar erstens das sogenannte Kontinuierliche, welches in gleichmäßigem Übergang die verschiedenen Spektralfarben zeigt, ohne daß in denselben dunkle oder helle Linien unterbrechend hervortreten; es ist dasselbe das Sonnenspektrum, wenn wir uns aus demselben die dunklen Fraunhoferschen Linien fortdenken. Wenn eine Lichtquelle ein solches Spektrum giebt, so befindet sich dieselbe in glühend

festem oder flüssigem Zustand. Die zweite Art der Spektra hingegen besteht aus einzelnen mehr oder minder zahlreichen hellen farbigen Linien, die durch dunkle mehr oder minder breite Zwischenräume von einander getrennt sind; diese werden von Lichtquellen erzeugt, die sich im Zustande glühenden Dampfes befinden, und die Lage, die Farbe der hellen Linien giebt genau den Stoff an, welcher sich im glühenden Gaszustand befindet, weil jeder chemisch einfache Körper ein ihn charakterisierendes Spektrum giebt. Endlich die dritte Art der Spekra ist das Sonnenspektrum, wie es sich uns in Wahrheit zeigt, d. h. ein von schwarzen feinen Linien unterbrochenes kontinuierliches Spektrum. Diese dunklen Linien beweisen, daß die Lichtquelle, die an sich ein kontinuierliches Spektrum liefern würde, von einer Dampfatmosphäre umgeben ist, welche gerade diejenigen Strahlen des Spektrums absorbiert die sie selbst als helle Linien geben würde.

Die erste Zeit der Anwendung der spektralanalytischen Methode war der Untersuchung der Kometen ungünstig, weil nur lichtschwache Kometen erschienen. Der erste Komet, der mit dem Spektroskop beobachtet werden konnte, war ein Komet des Jahres 1864, und Donati fand, daß das Spektrum desselben aus drei hellen einseitig verwaschenen Streifen bestand, es war also damit bewiesen, daß sich die Lichtquelle im gasförmigen Zustande befand, und diese Thatsache ist in späterer Zeit an allen anderen Kometen in gleicher Weise bestätigt worden. Die Lage der Linien führte fast in allen Fällen auf ein Kohlenwasserstoffspektrum, und wenn auch manchmal Zweifel entstehen konnten, so ließen sich doch diese meistens mit der Schwäche der untersuchten Spektra erklären. Die helleren Kometen, die einen deutlichen Kern wahrnehmen ließen, führten aber außerdem noch zu einem kontinuierlichen, freilich schwach leuchtenden Spektrum, auf dem das helle Linienspektrum projiciert erschien. Dieses wurde zuerst beobachtet von Wolf und Rayet am Kometen I, 1870, dann auch I, 1871 und bei allen späteren. Es schien nun anfangs, so z. B. beim Kometen III, 1873, als ob dies kontinuierliche Spek-

trum wenigstens teilweise von dem reflektierten Sonnenlichte herrühre und teilweise von einem leuchtenden Kern. Bei den hellen Kometen 1882 I und II traten nun noch bei der starken Annäherung andere Eigentümlichkeiten hervor. Was den ersten betrifft, so gab der helle sternartige Kern ein deutliches, sehr lang gedehntes kontinuierliches Spektrum, in dem Spuren des gewöhnlichen gasartigen Kometenspektrum vermutet wurden. Im Spektrum des Schweifs war jedoch keiner der Streifen des Kometenspektrums zu erkennen, hier leuchtete vielmehr nur ganz schwach das kontinuierliche. Später, als sich der Komet immer mehr der Sonne näherte, fiel allen Beobachtern eine intensive helle Linie im Gelb auf und die Lage derselben stimmte vollkommen mit der Natriumlinie überein, das kontinuierliche Spektrum erstreckte sich dabei etwa von der roten C Linie bis ins Violett und außer der Natriumlinie waren vielleicht noch Spuren von hellen Streifen vorhanden, vielleicht auch einige dunkle Absorptionslinien. Das eigene Licht des Kometen schien darnach vorwiegend aus glühenden Natriumdämpfen zu bestehen. Zur Zeit der größten Helligkeit der Natriumlinie war dieselbe nicht nur im Kern, sondern auch in anderen Teilen des Kometen zu erkennen, und das von den Natriumdämpfen ausgehende Licht überragte an Intensität das sonstige eigene und reflektierte Licht des Kometen so sehr, daß der Komet auch ohne Spektroskop gelblich erschien. Ganz ähnlich waren die Erscheinungen am zweiten, dem Septemberkometen. Zur Zeit der größten Sonnennähe gab der gelbliche Kern ein sehr starkes kontinuierliches Spektrum, in dem die gelbe Natriumlinie auffiel. Anfangs war das Spektrum das gewöhnliche Kometenspektrum, das des Kohlenwasserstoffs, und auch später trat dieses wieder hervor, während es, als die Natriumlinien ihren größten Glanz hatten, ganz verschwunden war.

Diese eigentümlichen Veränderungen sind nun nach Hasselberg nicht allein durch die große Erhitzung in der Sonnennähe zu erklären, es könnte wohl das Auftreten der Natriumlinien,

aber nicht das gleichzeitige Verschwinden oder Erblassen der Kohlenstoffbanden seine Erklärung finden. Wäre das Eigenlicht des Kometen das direkte Resultat der Temperaturerhitzung, so würde auch das Kohlenwasserstoffspekrum an Glanz zunehmen müssen, und zwar ganz unabhängig von der gleichzeitigen Entwickelung der Spektra anderer Stoffe, die ebenso wie das Natrium vielleicht Bestandteile der Kometenatmosphäre sein können. Es lassen sich aber analoge Erscheinungen in den sogenannten Geislerschen Röhren beobachten, in denen bei gesteigerter elektrischer Intensität die Spektra der vorhandenen Gase stark in dem Momente zurücktreten, wenn die Spektra von Metalldämpfen erscheinen, sodaß diese Wahrnehmungen im Kometenspektrum zur Annahme elektrischer Entladungen innerhalb der Kometenmasse führen.

---

# III. Meteore.

## 10. Allgemeines. Sternschnuppen, Feuerkugeln. Verschiedene Größen, Farben, Schweife. Anomale Bewegungen.

Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteore bilden eine Gruppe von Körpern, zwischen denen äußerlich strenge Unterscheidungsmerkmale nicht wohl anzugeben sind. Es wird wohl keinen Menschen geben, der nicht zu Zeiten in der Nacht einen Stern vom Himmel hat „fallen“ sehen, der nicht den Eindruck hatte, als ob sich plötzlich eines der zahllosen Gestirne, welche an dem Himmelsgewölbe befestigt zu sein scheinen, loslöste und in längerer oder kürzerer Bahn der Erde zustürzte, ohne sie doch je zu erreichen. Meistens verfließt nur sehr kurze Zeit zwischen dem Anfang und dem Ende der Bahn, eine Zeit, die nach Bruchteilen der Sekunde zu messen ist, manchmal jedoch auch von längerer Dauer sein kann. Der Länge der Zeit entspricht vielfach die Länge des Raumes, den der fallende Stern durchläuft, so

daß im allgemeinen die ganz momentanen Lichtblitze auch nur einen sehr kleinen Bogen am Himmel erfüllen.

Die Größe und die Farbe der fallenden Sterne, die man gewöhnlich als Sternschnuppen bezeichnet, ist nun außerordentlich verschieden. Bekanntlich teilt man die Fixsterne in Größenklassen ein, wobei jedoch nur an die verschiedene Helligkeit derselben, nicht an ihre absolute Größe zu denken ist. In einem anderen Bande dieser Buchsammlung wird erwähnt sein, daß alle Sterne, soweit man sie mit bloßem Auge sieht, in 6 Klassen geteilt werden, in der Weise, daß die hellsten Sterne erster Größe, die noch eben erkennbaren sechster Größe sind; an diese reihen sich dann in gleicher Weise die teleskopischen Sterne an von der siebenten Größe abwärts bis zur vierzehnten, fünfzehnten u. s. w. je nach der optischen Kraft des zur Anwendung gebrachten Fernrohrs. Da nun die Sternschnuppen als fallende Sterne erscheinen, so kann man ihre Helligkeit auch nach der Größe der Fixsterne bemessen. Man sieht Sternschnuppen von jeder Größenklasse, von der Helligkeit des Sirius, des Jupiter bis hinab zur Helligkeit der schwächsten Sterne im Fernrohr. Wenn man alle diejenigen Sternschnuppen, die heller als ein Normalstern 1. Größe oder gleich einem solchen erscheinen, als zur 1. Größenklasse gehörig bezeichnet, so wird sich das Verhältnis der Menge, die in jede Klasse gehören, nach Schmidts langjährigen Beobachtungen etwa so verhalten, daß von allen mit bloßem Auge sichtbaren Sternschnuppen

18 % der ersten Größe,<br>
21 „ „ zweiten „<br>
24 „ „ dritten „<br>
22 „ „ vierten „<br>
11 „ „ fünften „<br>
4 „ „ sechsten „

angehören. Von den mit mäßigem Fernrohr gesehenen gehören

10 % der siebenten Größe,<br>
27 „ „ achten „

35% der neunten Größe
22 „ „ zehnten „
6 „ „ elften „

an. In diesen Zahlen darf man nun freilich nicht das absolute Verhalten der Sternschnuppen nach ihrer Helligkeit erblicken, indem mit Unrecht daraus folgen würde, daß solche der 5.—7. und der 11. Größe am wenigsten vorhanden wären. Betrachtet man die erste Reihe (Sternschnuppen mit bloßem Auge), so findet sich eine nahe gleiche Häufigkeit für die ersten vier Größenklassen, und diese umfassen Sterne, die dem bloßen Auge auffällig sind; Sterne der 5. und 6. Größenklasse, namentlich der letzten Klasse, bedingen schon eine größere Aufmerksamkeit, und da das Aufblitzen, wie gesagt, oft ein sehr momentanes ist, so ist es begreiflich, daß viele Sternschnuppen aufleuchten, ohne von dem Auge bemerkt zu werden. Dieselbe Ursache bewirkt die geringe Zahl der ganz schwachen Sternschnuppen unter der Gruppe der teleskopischen; daß aber eine nur geringe Zahl der 7. Größe unter den teleskopischen vorkommt, wird wahrscheinlich seinen Grund darin haben, daß im allgemeinen die helleren Sternschnuppen die näheren sind und sich auch scheinbar viel rascher bewegen, als die schwächeren. Es wird daher seltener der Fall eintreten, daß in dem kleinen Gesichtsfeld des Fernrohrs ein helles Meteor sichtbar wird. Überhaupt ist es auch ziemlich selten, daß man bei anderen astronomischen Beobachtungen Meteore das Gesichtsfeld durchziehen sieht. Schmidt fand z. B. nach ungefähr zehnjähriger Beschäftigung mit den Meteoren, daß er bei über 4000 Sternschnuppen, die er mit bloßem Auge sah, kaum 150 teleskopische beobachtete. Dabei ist mit Sicherheit anzunehmen, daß in Wahrheit mindestens ebensoviele schwache als helle vorhanden sind, ja wir dürfen wohl behaupten, daß die Zahl der ersteren noch weit größer ist. Wenn nämlich ein Beobachter ohne Fernrohr den Himmel betrachtet, so übersieht er dabei einen sehr beträchtlichen Teil desselben, beiläufig vielleicht den 10. oder 15. Teil der Hemisphäre; dabei hat sich ferner ge-

funden, daß stündlich etwa 6—8 Sternschnuppen gesehen werden können. Wendet man nun aber ein lichtstarkes schwach vergrößerndes Fernrohr an, so übersieht man mit diesem natürlich nur einen außerordentlich kleinen Teil der Hemisphäre, es ist also die Wahrscheinlichkeit eine viel geringere, daß eine Sternschnuppe gerade diesen eng begrenzten Raum durchzieht; bei Fernröhren mit starker Vergrößerung wird der überblickte Raum noch viel geringer.

Im allgemeinen erscheinen die Sternschnuppen als mehr oder minder helle Lichtpunkte, ohne merkbaren Durchmesser. Freilich kommen auch solche vor, die eine bestimmte ausgeprägte Kugelform, scharf begrenzte Ränder zeigen, ja es wird erwähnt, daß welche dem Mond an Größe gleich waren. Gewöhnlich nennt man diese dann Feuerkugeln oder schlechthin Meteore, wir werden aber sehen, daß in der Größe der Objekte ein sicheres Unterscheidungsmerkmal nicht gegeben ist. Würde man mit Genauigkeit die Entfernung einer solchen leuchtenden Kugel ermitteln können, so würde man aus derartigen Beispielen auch auf die wahre Größe mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit Schlüsse ziehen können. Dies ist nun aber nicht erreicht worden und man kann nur als Mittel aus einer großen Anzahl von Beobachtungen folgern, daß wir uns unter den Sternschnuppen Körperchen der winzigsten Art von wenigen Gramm Gewicht, bis zu solchen von etwa einigen Hundert Fuß Durchmesser zu denken haben.

Von Interesse ist die leicht zu machende Beobachtung, daß die Farben der Sternschnuppen sehr verschieden sind. Bei weitem die Mehrzahl wird sich uns zwar in ganz weißem Licht zeigen, indessen kommen nicht selten mehr oder minder intensiv gefärbte vor, und es erscheint ein reicher Sternschnuppenfall auch in dieser Hinsicht als ein Phänomen von der denkbar großartigsten Mannigfaltigkeit. Unter den gefärbten Sternschnuppen finden sich besonders häufig solche, welche gelb oder mit gelb gemischt sind. Grün findet sich seltener. Auch hierüber verdanken wir

Schmidt genauere Angaben. Er fand, daß unter je 100 Meteoren

62 weiß,
15 gelb,
6 gelbrot,
3 grün,
14 neblig

waren. Ganz ähnlich war das Verhalten unter den teleskopischen. Schmidt bemerkt, daß er wirklich rote, karmin-blutfarbige nie gesehen habe, daß das Rot immer mit gelb gemischt gewesen, Grün war dagegen, wenn auch überhaupt selten, doch jedesmal sehr intensiv, so daß über die Farbe ein Zweifel nicht obwalten konnte. Blau hat Schmidt ebenfalls niemals beobachtet. Bei obigen Zahlen darf nun freilich nicht außer acht gelassen werden, daß die Farbenschätzungen oft genug unsicher sind und namentlich bei solchen flüchtigen Objekten noch an Zuverlässigkeit verlieren. Jedoch wird man über die Häufigkeit der verschieden gefärbten Sternschnuppen hieraus ein Bild erhalten, welches nicht wesentlich von der Wahrheit abweichen kann. Wir werden sehen, daß die Sternschnuppen für uns sichtbar werden, wenn sie durch den Widerstand der Luft, den sie bei ihrer raschen Bewegung erleiden, ins Glühen kommen und verbrennen — wir dürfen nun wohl annehmen, daß die verschiedenartige Färbung auch auf verschieden geartete Zusammensetzung in physischer Beziehung deutet.

In ziemlich häufigen Fällen hinterlassen die Sternschnuppen und Meteore leuchtende Schweife, die manchmal sogar minutenlang sichtbar bleiben, meistens aber nach wenigen Sekunden verschwinden. Es ist mehrfach die Behauptung ausgesprochen worden, daß die Schweife nur subjektive Erscheinungen, Täuschungen seien, indem der leuchtende, rasch dahinfliegende Punkt infolge der endlichen Dauer des Lichteindrucks uns als lange helle Linie erscheine. Freilich erblicken wir oft eine leuchtende „Flugbahn" der Sternschnuppen, der von ihr beschriebene Weg bleibt uns

eine kleine Weile sichtbar. Aber von dieser Erscheinung ist die des Schweifes vollständig verschieden. Derselbe zeigt sich keineswegs als die feine, bald verschwindende Lichtlinie, sondern oft in besonderer Farbe, mit nicht parallelen Rändern, an beiden Enden zugespitzt; nicht selten hat er, wenn auch ganz gerade, einen deutlichen Durchmesser, in der Mitte oft breiter als an den Enden, sodaß er im ganzen als leuchtende Ellipse erscheint, und besonders auffallend ist, daß er als aus unzähligen feinen Lichtpunkten, aus leuchtendem Staub zu bestehen scheint. Wer einigermaßen mit dem Phänomen der Sternschnuppen vertraut ist, wird niemals die Schweife mit den leuchtenden Flugbahnen verwechseln. Schmidt fand, daß unter etwa 4000 Meteoren gegen 500 mehr oder weniger deutliche Schweifspuren zeigten, ferner, daß $^{1}/_{10}$ der weißen, $^{3}/_{11}$ der gelben, $^{3}/_{16}$ der gelbroten, $^{3}/_{8}$ der grünen und $^{1}/_{100}$ der nebligen Meteoren geschweift sind. Die grünen waren also am häufigsten, die nebligen und weißen am seltensten mit Schweifen versehen. Auffallend war die Wahrnehmung, daß unter den glänzendsten Erscheinungen, also den Meteoren 1. Größe nicht die Hälfte geschweift waren; dies Verhältnis nahm mit der abnehmenden Helligkeit der Meteore noch ab, aber es liegt auch hierin schon ein Beweis, daß der Schweif keineswegs ein subjektives Phänomen ist.

Nur sehr selten ist bei den Schweifen eine Bewegung unzweideutig beobachtet worden. Bei weitem die Mehrzahl der Schweife erscheint in der durchlaufenen Bahn des Meteors und bleibt dort unveränderlich stehen, bis sein Licht zum Verschwinden erblaßt ist. Dagegen sind die Fälle häufiger, in denen die Bahn der Sternschnuppe selbst eine ganz anomale, unregelmäßige ist. Eine merkbare Bewegung des Schweifes berichtet Schmidt vom 24. Oktob. 1845. Er beobachtete um Mitternacht mit Argelander im Garten der Bonner Sternwarte die Helligkeiten verschiedener Fixsterne, und die Beobachter wurden dabei von einem roten Lichtschein überrascht. Es zeigte sich, daß nahe dem Zenith in der Richtung von Ost nach West durch den

Perseus ein bedeutendes Meteor gezogen war. Dasselbe hinterließ zwei 5 Grad lange und 1/4 Grad breite Schweifstücke, welche längere Zeit stehen blieben. Das östliche erlosch zuerst nach bereits 10 Sekunden und bot daher geringes Interesse. Dagegen war das Verhalten des anderen, welches das größere war und gelblichweiß erschien, sehr auffallend. Nach etwa 15 Sekunden bemerkte zuerst Argelander deutlich, daß es sich zu krümmen anfing, diese Erscheinung war dann sowohl im Opernglas als auch mit bloßem Auge erkennbar. Das Schweiffragment, welches am Ende der ersten Minute der Sichtbarkeit schlangenförmig gekrümmt erschien, hatte am Ende der zweiten Minute die Sichelgestalt angenommen. Mit einem kleinen Fernrohr zeigte sich ferner, daß diese Sichelgestalt an dem Punkte der stärksten Krümmung auseinanderging, auch wurde nun die Helligkeit eine geringere, und bald trennte es sich in zwei kleine Nebelflecke, deren letzte Spur dem bloßen Auge schon in der 4. Minute entschwand, während sie sich im Fernrohr noch etwas länger verfolgen ließ.

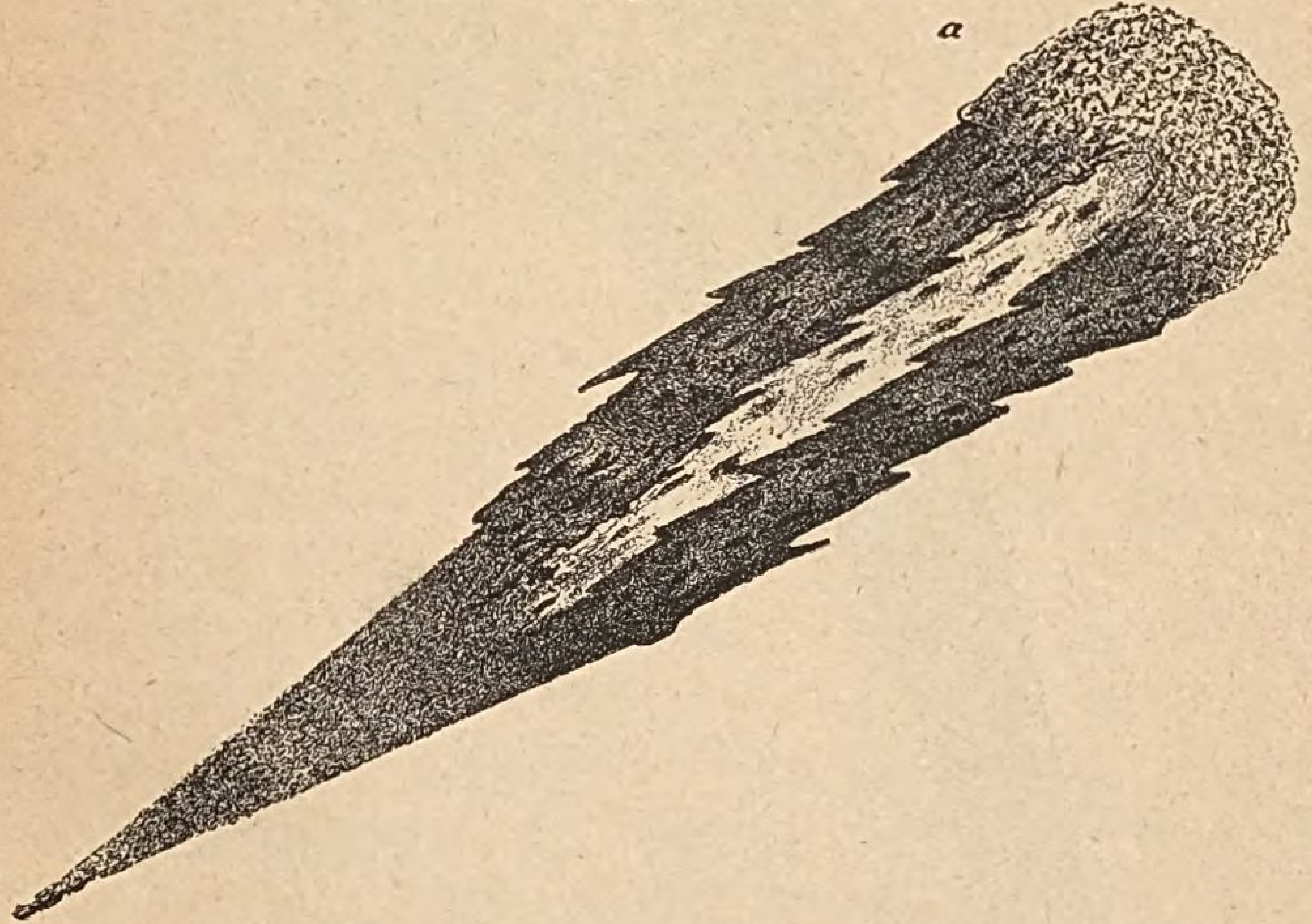
Hierher gehört auch eine außerordentlich interessante Beobachtung, welche im Jahre 1866 an der Leidener Sternwarte gemacht wurde und die hier näher erwähnt werden muß. Die Beobachtung betrifft zwar nicht einzig und allein den Schweif des Meteors, sondern das Meteor selbst, welches jedoch in seiner langgezogenen Gestalt als geschweift anzusehen ist. Es ist die hier zu besprechende Beobachtung zugleich die der längsten Dauer, während welcher ein Meteor verfolgt werden konnte und dieselbe ist um so wichtiger, als es gelang, während dieser Zeit mit Hilfe eines Fernrohrs mehrere Skizzen über das Aussehen zu entwerfen.

Wir werden später sehen, daß gewisse Zeiten besonders vor anderen ausgezeichnet sind in dem Reichtum der Sternschnuppen und Meteore, zu diesen Perioden gehören auch die Nächte um Mitte November. An vielen Sternwarten ist es nun mit dem Arbeitsplan des Institutes nicht vereinbar, den Sternschnuppen

besondere Aufmerksamkeit zu schenken, und es wird hier im erhöhten Maße dem Zufall zu danken sein, wenn es gelingt, Beobachtungen von Meteoren, die einiges Interesse haben, anzustellen. An der Leidener Sternwarte bestanden derartige Verhältnisse, und es war dem Umstande, daß der sehr merkwürdige Bielasche Komet zurückerwartet und infolge dessen mit einem Kometensucher nach ihm ausgeschaut wurde, zu danken, daß die hier zu besprechende Beobachtnng des Meteors gelang. In der außerordentlich klaren Nacht des 13. November, in deren Lauf schon mehrfach gewöhnliche Sternschnuppen zufällig gesehen worden waren, suchte van Hennekeler am südwestlichen Himmel nach jenem Kometen. Ein heller Strahl leuchtete seitwärts in sein Auge und er erblickte nunmehr in der Nähe des Sterns ϱ Leonis (also etwa im Südosten) ein glänzendes Meteor. Der Lichteindruck ließ ihn vermuten, daß das Objekt aus östlicher Richtung kam, als er es wahrnahm, stand es scheinbar unbeweglich still. Das Meteor bestand aus zwei verschiedenen Teilen, einem roten scheibenartigen Kern in sehr glänzendem Licht etwa von der Größe des Mars zur Zeit seiner günstigen Oppositionen. Der andere war eine scharf begrenzte, in matterem Lichte leuchtende Umhüllung des Kerns, das ganze hatte eine längliche Form, der größte Durchmesser mochte etwa $^3/_4$ Vollmondsbreite betragen. Kurze Zeit blieb das Meteor noch unbeweglich stehen, nahm aber dabei rasch an Helligkeit ab. Plötzlich löste es sich in eine Nebelmasse auf, ohne jedoch dabei irgend ein Geräusch der Detonation hören zu lassen. Der Nebelfleck zeigte dem unbewaffneten Auge keine scharfe Begrenzung, behielt aber seine längliche Gestalt; im ganzen hatte die Helligkeit beträchtlich abgenommen, aber doch war sie noch so bedeutend, daß das Objekt dem bloßen Auge sofort auffallen mußte. Diese Veränderung ging um 12 Uhr 48 Min. vor sich, die erste Zeitnotierung des Beobachters, der nun erst, als zu seiner Verwunderung die Nebelmasse nicht gleich verschwand, sondern immer noch unbeweglich stehen zu bleiben schien, das Fernrohr, einen Kometensucher

auf dasselbe richtete. Hier zeigte sich nun ein sehr merkwürdiger Anblick, in Fig. 48 (a, b, c) ist ein möglichst getreues Abbild von dem Meteor gegeben. Das Meteor bestand darnach aus zwei in gleicher Richtung fortlaufenden und fast gleich breiten Zweigen, die durch zickzackartige Ränder scharf begrenzt, mit dunkeln Flecken wie besäet waren. An einem Ende liefen diese beiden Zweige in einem gekörnten heller gefärbten Kopf zusammen, nach

Fig. 48.

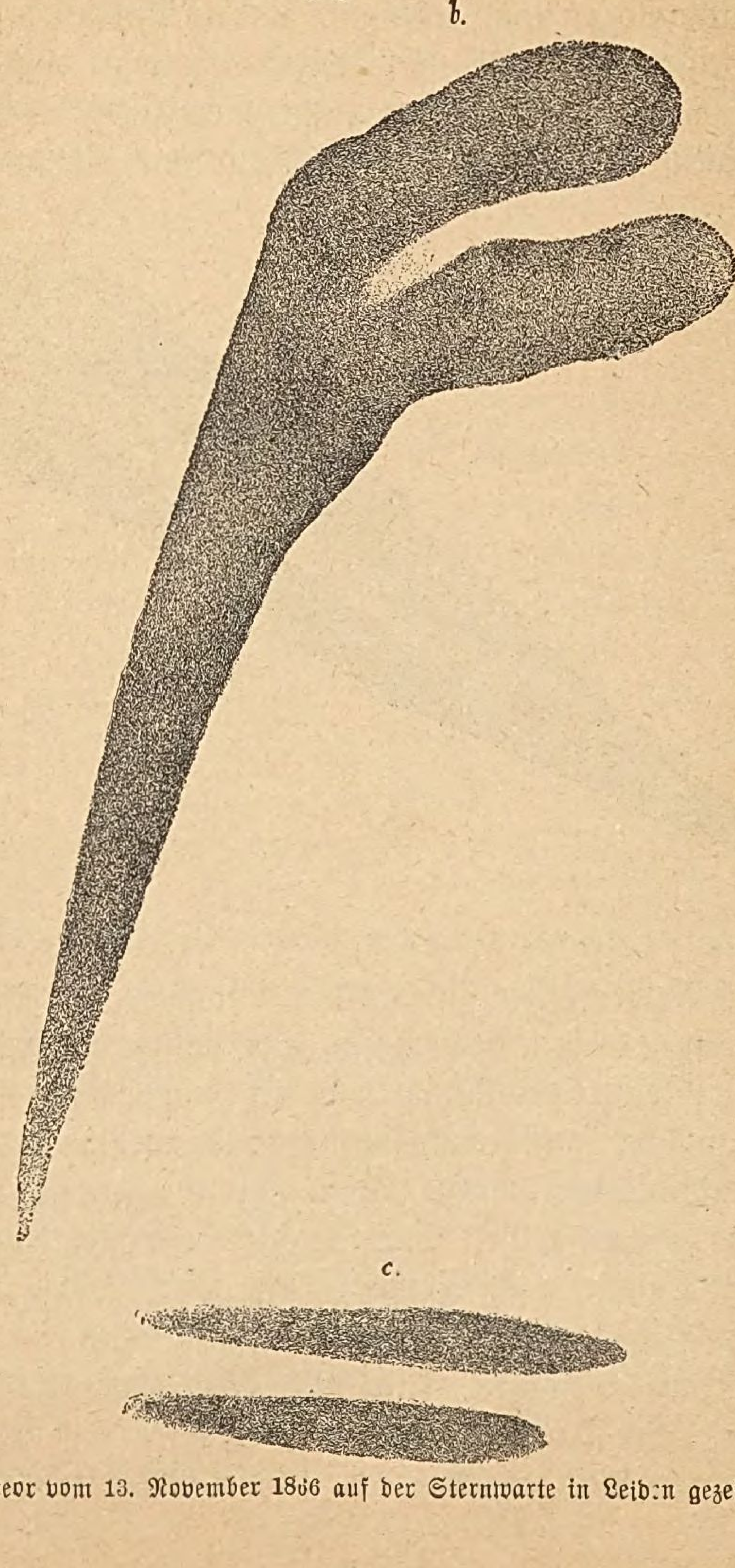



Meteor vom 13. November 1866 auf der Sternwarte in Leiden gezeichnet.

dem anderen Ende flossen sie sanft in einander. In dem Raum zwischen beiden Zweigen zeigten sich auch dunkle Flecke, wie auf den Zweigen selbst, der Raum war also nicht leer; eigenartig war dabei an dem sanft ausfließenden Ende ein schwarzer Punkt, der sich geradlinig fortbewegte. Von nun an zeigte sich übrigens auch an dem ganzen Objekt eine langsame und gleichmäßige Bewegung von Süden nach Norden. Die ganze Länge des Meteors ließ sich in der in der Zeichnung kenntlichen Ausdehnung auf drei Grade verfolgen, d. i. also etwa eine 6fache Vollmondsbreite. Die Farbe der beiden Zweige war ein schmutziges Grau. Im wesentlichen blieb jetzt die Erscheinung längere

Zeit unverändert, Dann aber trat wieder eine plötzliche und tiefgreifende Veränderung ein, die um so überraschender war,

Fig. 48.




Meteor vom 13. November 1866 auf der Sternwarte in Leiden gezeichnet.

als mit dem bloßen Auge die Nebelmasse das gleiche Aussehen behielt. Sie glich ziemlich dem bekannten Sternhaufen der Praesepe, der ja ohne Fernrohr als ein Nebelfleck kenntlich ist; mit einem Wölkchen war nicht die geringste Ähnlichkeit vorhanden. Im Kometensucher hatte das Objekt dagegen die in Fig. 48 dargestellte Form angenommen. Die Masse löste sich in zwei längliche, scharf begrenzte weiße Nebelwolken, die sich nahe an Größe und Form gleich waren, auf, sie lagen nahe parallel über einander. An einem Ende liefen sie sanft zusammen, und hier ging die horizontale Richtung der beiden Wolken in scharfer Biegung in eine gegen jene um 45° geneigte Richtung über. Der schwarze Endpunkt war verschwunden, die Lichtabnahme nach dem Ende zu war sehr allmählich, so daß dasselbe nicht scharf zu bestimmen war. Die Bewegung ging gleichmäßig fort und die ganze nun folgende Veränderung beschränkte sich im wesentlichen auf die Lichtabnahme. Sehr bemerkenswert ist die Beobachtung, daß man schwache Sterne durch die Nebelmasse deutlich hindurch leuchten sah, ein Beweis, wie locker und dünn die Anhäufung der einzelnen Teilchen der Masse war. Um 1 Uhr 13 Min., also 25 Minuten nach der ersten Zeitnotierung, wurde die Verbindung der beiden Wolkenstreifen im Fernrohr unsichtbar, dabei wurde die Bewegung eine raschere und die Lichtabnahme ging in gleicher Weise schneller vor sich (Figur 49, c). Die beiden Wolken lösten sich in eine Menge einzelner Streifen auf, die aber nun im Fernrohr unsichtbar wurden, während sie dem bloßen Auge als einheitliche Masse noch länger erkennbar blieben. Indessen gegen $^1/_2$2 Uhr Nachts (1 Uhr 30 Min.) war keine Spur mehr zu sehen.

Man sieht aus dieser Beobachtung, daß die Sichtbarkeitsdauer etwa 40 Minuten betrug, ein ganz außerordentlicher Fall. Während dieser Zeit hatte das Meteor einen Weg von nahe 12° zurückgelegt und zwar anfangs bei langsamer, dann bei beschleunigter Bewegung.

Fälle, in denen das Meteor, resp. Teile desselben, mehrere

Minuten leuchtend gesehen wurden, sind nicht gerade sehr selten, aber eine Dauer von 12 Minuten, wie ich sie bei einem Meteor im Jahre 1876 wahrnahm, ist bereits außergewöhnlich, und der vorher ausführlich besprochene Fall ist, wie gesagt, der einzige bisher bekannt gewordene.

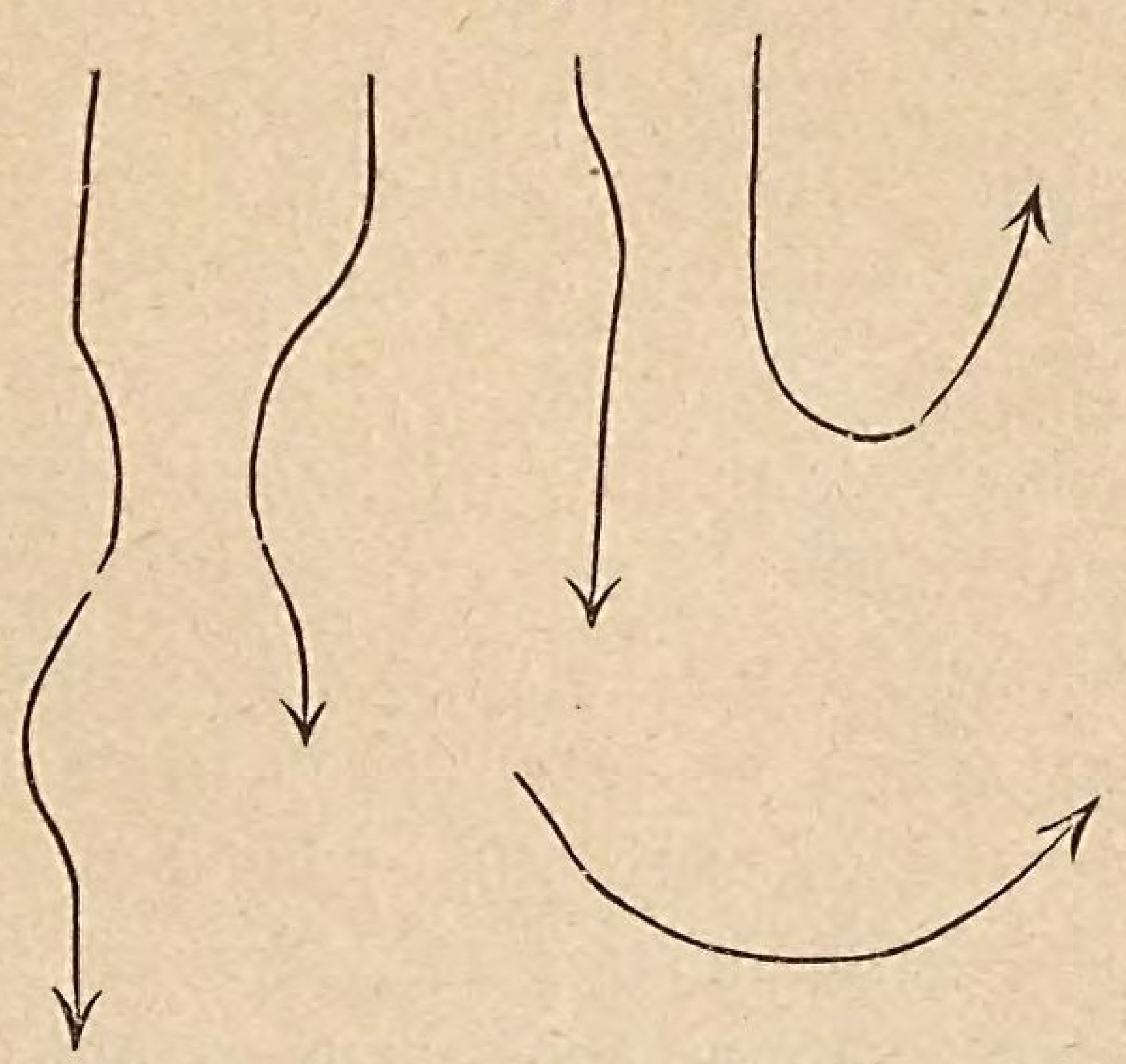
Über die anomalen Bewegungen der Meteore selbst sind vielfach Beobachtungen angestellt, und es fand sich, daß diese keineswegs selten sind. Es hat lange Zeit gedauert, ehe man eine vollgiltige Erklärung für dieses Phänomen zu geben vermochte. Schmidt beobachtete von 1842—50 unter etwas über 4000 Meteoren 174 mit unregelmäßiger Bewegung, eine beträchtlich größere Zahl als z. B. Zezioli aus nahe 7000 Meteoren fand, indem sich hier nur 104 unregelmäßige ergaben. Indessen mag die Ursache der Unsicherheit in dieser Bestimmung zum großen Teil darin liegen, daß die geringe Länge der meisten Bahnen die Beobachter in vielen Fällen hindert, die Krümmung wahrzunehmen. Diese Vermutung führt weiter zu der Folge, daß überhaupt noch mehr gekrümmte Bahnen bemerkt werden würden, wenn die Meteore gleich große Helligkeit und — damit oft verbunden — lange Flugbahnen hätten. In der That ergeben Schmidts genaue Aufzeichnungen einen starken Prozentsatz der gekrümmten Bahnen für die hellen Meteore. Er fand, daß auf 100 gekrümmte Meteorbahnen etwa

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 27 | Meteore | gleich | Sternen | 1. | Größe |
| 25 | " | " | " | 2. | " |
| 25 | " | " | " | 3. | " |
| 15 | " | " | " | 4. | " |
| 5 | " | " | " | 5. | " |
| 2 | " | " | " | 6. | " |

waren, so daß sich die drei ersten Größenklassen ziemlich gleichmäßig verhalten, aber mehr als $^3/_4$ unter allen gekrümmten Bahnen umfassen. Ein interessanter Unterschied zeigte sich in dem Verhalten der gefärbten Meteore zu denen mit unregelmäßigen Bahnen, und es ist wohl anzunehmen, daß auch hier

die Ursache eine tieferliegende ist, die in der verschiedenartigen Zusammensetzung der Meteore zu suchen ist, indem dadurch verschiedenartige Vorgänge bei der Wärmeentwickelung u. s. w. entstehen werden. Auch hierüber geben die Schmidtschen Beobachtungen ein deutliches Bild, er fand nämlich, daß auf 100 gekrümmte Bahnen etwa 38 weißen, 28 gelben, 17 gelbroten, 7 grünen und 9 nebligen Meteoren angehören. Erinnern wir uns

Fig. 49.



Anomale Bewegungen der Sternschnuppen.

nun, daß auf 100 Meteore 62 weiße, 15 gelbe, 6 gelbrote, 3 grüne, 14 neblige kamen, so ist auffallend, daß z. B. bei den regelmäßigen Meteorbahnen auf 21 weiße Meteore ein grünes kommt, dagegen bei den mit unregelmäßigen Bahnen bereits auf 5 weiße ein grünes.

Was die Form der unregelmäßigen Bahnen betrifft, so sind hier ganz eigentümliche Anomalieen, d. h. Abweichungen von der scheinbar im größten Kreise vor sich gehenden Bewegung konstatiert worden. Häufig zeigt sich die fortgesetzte Bahn in stärkerer Krümmung, dann besonders auch die schlangenförmig gewundene Bahn, wobei oft kleine Seitenbiegungen in den großen Hauptbiegungen der leuchtenden Bahn stattfinden; ferner ist der Fall bemerkt worden, wo das Meteor Seitenbiegungen in scharfen

Winkeln zu machen scheint, so daß dann die Bahn sägenartig gezähnt ist, ja auch selbst aufsteigende Bahnen sind vorgekommen; manchmal nehmen die Meteore nach anfangs geradliniger Bahn eine stark gebogene unregelmäßige an und kehren dann in die ursprüngliche wieder zurück. Kurz, die Zahl der beobachteten Anomalieen ist sehr groß, und die auffallendsten sind in der beigefügten Figur 49, wie sie Zezioli beobachtete, wiedergegeben worden.

Die bisher besprochenen Erscheinungen sind allgemeiner Art, und wie schon am Eingang dieses Abschnitts erwähnt, ist es schwierig, um nicht zu sagen unmöglich, aus der äußern Erscheinung ein sicheres Merkmal der Unterscheidung für die Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteore, und wie man die hierher gehörigen Objekte bezeichnen will, zu finden. In der That sind auch von den verschiedenen Forschern diametral entgegengesetzte Ansichten geäußert worden. Die Einen behaupten die Identität der Sternschnuppen und der Meteorite, unter welchem Namen man die Meteore und Feuerkugeln zusammenfassen kann, und sagen, daß wir eine Sternschnuppe als Meteorit bezeichnen, wenn sie unter deutlichen Explosionserscheinungen als Meteorstein oder -Eisen zur Erde fällt; die anderen behaupten die Nichtidentität, indem sie sagen, es sei noch niemals gelungen, ein als Sternschnuppe sichtbares Objekt unzweideutig auf der Erde wiederzufinden. Bei dem Übergang in die äußere Erscheinung ist diese Beweisführung nichts anderes, als ein Kreisschluß, indem als Beweis angeführt wird, was erst bewiesen werden soll.

## 11. Unterscheidung zwischen Sternschnuppen und Meteoriten.

Wir wollen nun aber die einzelnen Gründe durchgehen und untersuchen, ob sich nicht doch für die eine oder andere Ansicht ein zwingender Beweis finden läßt. Je nach dem Ausfall der Antwort dieser Frage werden wir dann im weiteren alle diese Objekte als zusammengehörig behandeln können, oder wir werden eine neue Trennung vornehmen müssen.

Im gewöhnlichen Leben nennt man Sternschnuppen die rasch, wie ein momentaner weißer Lichtschein hinfließenden Erscheinungen, Meteore oder Feuerkugeln die Phänomene, welche von Explosionen begleitet sind und die mehr oder minder häufig Steinregen zur Folge haben. So wäre ein Unterschied leicht gegeben. Aber so grundverschieden diese äußeren Erscheinungen auf den ersten Blick sind, so können wir doch, wenn wir längere Aufmerksamkeit dieser Klasse von Körpern widmen und ganz besonders, wenn wir die Zeiten großer und reicher Sternschnuppenfälle in Betracht ziehen, nur sagen, daß jenes momentane leichte Aufblitzen und die durch sicht- und hörbare Explosionen weithin auffallenden Phänomene als Endpunkte einer Reihe von Erscheinungen anzusehen sind, in welcher in kontinuierlicher Folge alle Übergänge, Zwischenstufen beobachtet werden, ähnlich, wie wir uns ganz allmähliche Farbenübergänge zwischen zwei Farben vorstellen können, wobei es unmöglich ist, bestimmt anzugeben, wo die eine oder andere Farbe beginnt und wo doch die äußersten Punkte der Farbenskala so sehr verschieden von einander sind. Betrachten wir aber speziell das Herabfallen der Meteorite, so finden wir, daß dasselbe im allgemeinen dem Zerplatzen eines Meteors gefolgt ist, welches letztere auf weite Entfernungen hin sichtbar war. Daß das zerplatzende Meteor und die herabfallenden Massen sich auf dasselbe Objekt beziehen, folgern wir aber nur aus der Identität von Ort und Zeit der Erscheinung. Wenn z. B. ein Meteor deutlich zerplatzt, aber das Herabfallen von Stein- und Eisenmassen nicht konstatiert werden konnte, so rechnen wir darum die Erscheinung doch zu den Meteoriten. Denn es ist ja sehr wohl denkbar, daß die Bruchstücke in Gegenden zu Boden fallen, wo sie für uns nicht zu finden sind; andererseits auch, daß die Auflösung in so feinen Teilchen erfolgt, daß sie als Staub weithin durch die Bewegung der Luft fortgetragen werden. Wenn man die Berichte von aufgefundenen Stücken der herabgefallenen Meteorite liest, so möchte man sich viel eher wundern, daß es überhaupt gelingt, so relativ häufig kleine Teile

zu sammeln. Wir dürfen daher keineswegs die Bestimmung, ob ein zerplatzendes Meteor zu den Sternschnuppen oder den Meteoriten, Feuerkugeln zu rechnen sei, davon abhängig machen, ob es gelingt, Bruchstücke zweifellos auf der Erdoberfläche aufzufinden. Aber selbst die Erscheinung des Zerplatzens, der Explosion, wird eine sehr verschiedene sein, je nachdem der Körper größer oder kleiner ist, also mehr oder minder lebhaften Glanz entwickelt, ja nach der Entfernung, aus welcher wir die Beobachtung machen.

Es sind Beispiele bekannt, wo unzweifelhaft dasselbe Meteor an entfernten Orten gesehen wurde und für einen Beobachter explodierend war, demgemäß zu den Meteoriten gerechnet werden mußte, während es einem andern Beobachter nur als glänzende Sternschnuppe erschien; wir dürfen annehmen, daß das Meteor an noch weiter entfernten Orten gesehen ist, aber nicht auffiel, weil es sich nicht von den gewöhnlichen Sternschnuppen mittlerer Helligkeit unterschied. Keineswegs ist mit der Explosion immer eine Detonation verbunden, im Gegenteil werden in relativ seltenen Fällen die Detonationen gehört. Es ist klar, daß ein detonierendes Meteor auch immer explodieren muß, es ist aber durchaus nicht notwendig, daß uns jedes explodierende Meteor auch detonierend erscheint. Das gehörte Geräusch hängt zunächst von einer Menge Zufälligkeiten ab, dem Ort der Beobachtung, ruhiger Umgebung u. dgl. dann aber auch von der Entfernung der Beobachtung von dem Orte der Explosion, sowie von der Dichtigkeit der Luftschicht in welcher dieselbe stattfindet. Es kann für einen Beobachter das Meteor detonierend sein — wenn er sich nahe dem Orte der Explosion befindet — für einen anderen, der in größerer Entfernung ist, dagegen nicht. Es kann aber ferner ein Meteor, wenn es in höheren dünnen Luftschichten explodiert, geräuschlos bleiben, während dasselbe Meteor, wenn es in tiefere Schichten hinabgedrungen wäre, von mehr oder minder heftiger Detonation begleitet gewesen wäre. Also auch hierin ist ein beweiskräftiger Unterschied zwischen den

Meteoriten und Sternschnuppen nicht zu erblicken. Ganz Gleiches gilt in noch viel höherem Maße von der mehr oder minder großen Lichtintensität. Sehr lehrreich ist hier ein im Jahre 1868 in Pultusk beobachteter Fall, der aufs Deutlichste den Einfluß der Entfernung zeigt. Die Bewohner in der Nähe von Pultusk (dem Zentrum des Meteoritenfalles) wurden von einem förmlichen Bombardement überrascht, indem mehrere Tausende von Steinen auf sie herabgeschleudert wurden. Aus Breslau wurde über denselben Fall berichtet, daß dort ein glänzendes Meteor, wie von einem prachtvollen Feuermeer begleitet, gesehen worden sei, eine Detonation wurde jedoch nicht gehört. In Ragendorf in Ungarn wurde es als „ein ungewöhnlich leuchtendes Meteor" gesehen, welches nahe dem Horizonte 2—3 mal heller als Venus war. An vielen Orten bot der Anfang des Meteors keinen von einer gewöhnlichen hellen Sternschnuppe verschiedenen Anblick dar. Auch hier ist es sehr wohl anzunehmen, daß in größerer Entfernung von Pultusk die Erscheinung in jeder Beziehung einer Sternschnuppe ähnlich war, und in Folge dessen keine Aufmerksamkeit erregte.

Ein ähnlicher Fall, welcher deutlich zeigt, von wie großem Einfluß die Entfernung auf diese Erscheinungen ist, betrifft zwei Feuerkugeln, die am 12. Januar 1879 in Böhmen und den angrenzenden Ländern beobachtet wurden und welche hier nach dem nicht unbeträchtlichen zu Gebote stehenden Material Erwähnung finden mögen. Kurz nach einander wurden an jenem Abende, an dem überhaupt viele Sternschnuppen gesehen wurden, zwei prachtvolle Meteore an einer großen Anzahl Orte beobachtet. Die erstere scheint die bedeutendere gewesen zu sein.

Die Stadt Prag, so heißt es in verschiedenen Berichten, und deren nächste Umgebung wurde kurz vor $^1/_2$8 Uhr Abends während einiger Sekunden wie vom elektrischen Lichte magisch erleuchtet, es war momentan auf den Straßen so hell wie am Tage. Dabei beobachtete man einen schief gegen den Horizont in westlicher oder südwestlicher Richtung sich bewegenden stern-

artigen Körper von enormer Größe (nach einigen Angaben dem Monde scheinbar gleich); nach dem Erlöschen erfolgte eine heftige Detonation, so daß Fenster und Thüren gezittert und neben einander stehende Gegenstände geklirrt haben, die Leute erschreckt aus den Häusern stürzten u. s. w. Die Detonation scheint am stärksten in Rostock, eine Meile nördlich von Prag gehört worden zu sein, von wo erzählt wird, daß durch den Luftdruck alle Fenster erzitterten, ja einige Scheiben in Trümmer gingen, Thüren aufgerissen und Geschirre durcheinander geworfen wurden. Die Umgebung war auch dort taghell erleuchtet. Bereits 5 Meilen nördlich, in Gastorf, war die Lichtstärke nicht mehr groß genug, um bei bewölktem Himmel wahrgenommen zu werden, indessen hörte man noch eine „20 Sekunden lang anhaltende" Detonation; 2½ Meilen südlich von Prag war das Licht ebenfalls sehr intensiv, die Detonation glich einem Donnerschlag. Ähnlich war die Erscheinung von donnerartigem Krachen in Kladno begleitet. Gehen wir aber in größere Entfernungen von Prag, so haben wir z. B. Berichte aus Czaslau, Jungbunzlau, Jicin, Jeschken, dann weiter nach Zittau und anderen Orten, wo zum Teil noch sehr große Lichtintensität stattfand, auch deutlich die Explosion wahrgenommen wurde, aber entweder über Detonation nichts bemerkt, oder geradezu gesagt wurde, daß eine solche nicht gehört worden sei. Es mag gleich hier erwähnt werden, daß dieses Meteor eine sonst selten beobachtete geringe Höhe über dem Erdboden zur Zeit seiner Explosion erreichte, nach den von Nießl ausgeführten Berechnungen ist es bis auf zwei Meilen Höhe herabgekommen und die außerordentlich starke Detonation, von welcher berichtet wurde, mag zum Teil hierin ihren Grund haben. Es ist aber nicht gelungen, Meteorite, Bruchstücke des Meteors aufzufinden, obwohl der Ort der Auflösung ziemlich sicher bestimmt werden konnte. Wir sehen daher wieder an diesem Beispiel, daß einmal die Explosions-, Detonations- und Helligkeitsverhältnisse für verschiedene Orte sehr verschieden ausfallen können, ja daß sich für jeden Grad der Stärke An-

gaben finden, die sich in regelmäßig fortschreitender Abhängigkeit von der Entfernung befinden, und daß selbst die Auffindung der Stücke, Fragmente unmöglich wird, wo doch alle günstigen Vorbedingungen vorhanden sind.

Ferner hat man einen Beweis gegen die Identität der Sternschnuppen und Meteorite darin erblicken wollen, daß sie unmöglich von derselben physischen Zusammensetzung sein könnten. Wie wir später sehen werden, hat sich bei den aufgefundenen Stücken, die also den Meteoriten angehören, nachweisen lassen, daß sie teils steinig, teils metallisch sind, und zwar so, daß zwischen diesen scheinbar so gänzlich verschiedenen beiden Klassen doch eine enge Verbindung stattfindet. Es ist nämlich konstatiert, daß in den metallischen Massen der Meteoreisen steinige Partikelchen vorkommen, die dann immer dieselben Mineralien enthalten, die in größeren Mengen in den gewöhnlichen Meteorsteinen vorkommen. Andererseits enthalten die Meteorsteine fast immer metallische Partikelchen, welche wieder aus demselben Metalle oder aus identischen Legierungen bestehen, die wir in den metallischen Meteoriten kennen. Wir können ebenso, wie in den äußeren Erscheinungen zwischen Sternschnuppen und Meteoriten wiederum hier zwischen diesen zwei Hauptarten der Meteoriten die regelmäßigsten Übergänge finden. Aber in jedem Falle zeigen uns die auf der Erde aufgefundenen Fragmente der Meteorite eine sehr beträchtliche Dichtigkeit und wie ist es, so fragt man anscheinend mit Recht, möglich, daß so beschaffene Körper sich so vollständig verflüchtigen, daß in nur sehr seltenen Fällen überhaupt Überbleibsel für uns kenntlich werden. Allerdings können wir nicht auf dem Wege des Experiments diese vollkommene Zerstörung nachahmen, und doch wird die Wärme die einzige Ursache der Vernichtung sein. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß, wie später noch mitzuteilen ist, die Meteorite im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit in die Atmosphäre eindringen, die etwa 30 Kilometer in der Sekunde beträgt. Die Reibung, der Widerstand der Atmosphäre und die hierdurch ent-

wickelte Wärme ist daher eine ganz enorme, die sich ebenso, wie die Möglichkeit eine solche Geschwindigkeit durchs Experiment zu erreichen, unserer Beobachtung und Nachahmung entzieht.

Es hat sich nun aber doch eine Thatsache aus mehrfachen Beobachtungen und Berechnungen ergeben, die aufs entschiedenste für die Nichtidentität der Sternschnuppen und Meteorite in die Wagschale fällt. Diese liegt in der Art der Bewegung. Es ist in nicht ganz seltenen Fällen gelungen, aus den an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen die Geschwindigkeit resp. die Bahn der Meteorite zu ermitteln. Hierbei fand sich nun meistens, daß die Bewegung dieser Himmelskörper in einer Hyperbel vor sich geht, während wir bei den Sternschnuppenphänomenen, wo die Bahnbestimmung gelang, elliptische oder parabolische Bahnen erhielten, welche ihrerseits denen der Kometen sehr ähnlich waren. Allerdings sind diese Berechnungen für die Meteorite in vielen Fällen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, das Resultat hängt von der beobachteten und geschätzten Dauer der Sichtbarkeit, der Länge der Flugbahn ab. Es ist leicht begreiflich, daß der überraschte Beobachter — und der Beobachter ist ja hier meistens ein Laie, der mit der Zeitschätzung nicht so vertraut ist als der Astronom selbst, — die Dauer einer meteorischen Erscheinung fehlerhaft schätzen wird. Man wird daher bei der Auswahl der benutzten Beobachtungen vorsichtig sein müssen. Um einige Beispiele auch hier zur größeren Klarheit anzuführen, gehen wir zuerst wieder auf das Meteor von Pultusk zurück. Der Direktor der Breslauer Sternwarte, Galle, hat die Beobachtungen gesammelt und aus 29 Schätzungen der Dauer die absolute Geschwindigkeit der Feuerkugel im Raume zu $7^1/_4$ Meilen = 54 Kilometer berechnet. Diese entspricht einer Exzentrizität von 2.28, also einer stark hyperbolischen Bahn. Galle bemerkt in Betreff der Sicherheit dieses Wertes, daß man gerade den Beobachtern, die das größte Vertrauen verdienen, von vornherein ganz unwahrscheinliche Fehler zuschreiben müsse, wenn es gelingen sollte, in diesem Falle die Bahn in eine parabolische überzuführen.

Ein zweites Beispiel betrifft eine Feuerkugel, welche mit starker Detonation 1863, am 4. März Abends über Holland, der Zuydersee, Nordsee beobachtet wurde und über welche Heis (Münster) ausführlich berichtete Aus einer bedeutenden Anzahl glaubwürdiger Beobachtungen konnte die Bahn mit großer Genauigkeit berechnet werden. Heis fand für die absolute Geschwindigkeit im Raum 9.14 Meilen = 69 Kilometer in der Sekunde, d. i. mehr als die doppelte Geschwindigkeit der Erde und die Exzentrizität der durchlaufenen Hyperbel zu 8.72. Ähnliche Fälle hyperbolischer Bahnen wurden von Prof. Newton für mehrere in Amerika beobachtete Meteore nachgewiesen. Bei den vorher auch erwähnten beiden in Böhmen beobachteten Feuerkugeln hat freilich die Schätzung der Dauer auf eine viel geringere Geschwindigkeit geführt, so daß hier aus der Beobachtung selbst eine elliptische Bahn folgen würde. Aber man darf doch auch für diese keineswegs einen solchen Schluß ziehen, denn es wurde schon oben angeführt, daß die eine Feuerkugel (für welche sich die geringste Geschwindigkeit ergiebt) ganz außerordentlich tief in die Atmosphäre herabstieg und daher viel von der Anfangsgeschwindigkeit eingebüßt haben muß. Diese Bemerkung gilt übrigens auch für die Fälle von Pultusk und Holland, die erstere Feuerkugel wurde in ca. 16 Meilen Höhe sichtbar und verschwand in 5½ Meilen Höhe, und auf diesen in der Atmosphäre durchlaufenen Weg bezieht sich die berechnete Geschwindigkeit, es läßt sich daher wohl annehmen, daß die kosmische Geschwindigkeit zu noch größerer Exzentrizität geführt haben würde.

So sehen wir, daß hier die Berechnung auf einen Unterschied in diesen Erscheinungen geführt hat, wo wiederum der äußere Anblick und alle mit denselben verbundenen Wahrnehmungen es nicht vermochten. Wir werden daher im Folgenden auch die Meteorite getrennt von den Sternschnuppen betrachten, es wird sich dabei das auf erstere bezügliche wesentlich auf die physische Beschaffenheit ausdehnen, während bei den Sternschnuppen ihre Bewegungsverhältnisse einerseits von größerem Interesse

sind, andererseits aber auch über ihre physische Beschaffenheit so gut als nichts bekannt geworden ist, weil eben die in das Bereich der physikalisch-chemischen Untersuchnng gelangten Teile zur Klasse der Feuerkugeln oder Meteorite zu rechnen sind.

## 12) Feuerkugeln, Meteorite.

Feuerkugeln finden sich bereits in den ältesten Chroniken erwähnt, und nach Arago, der ein ausführliches Verzeichnis der beglaubigten Erscheinungen gegeben hat, wurden v. Chr. Geb. 3, sodann im

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Jahrhundert | 7 | 10. | Jahrhundert | 27 |
| 2. | „ | 2 | 11. | „ | 29 |
| 3. | „ | 1 | 12. | „ | 4 |
| 4. | „ | 17 | 13. | „ | 8 |
| 5. | „ | 3 | 14. | „ | 7 |
| 6. | „ | 20 | 15. | „ | 13 |
| 7. | „ | 13 | 16. | „ | 12 |
| 8. | „ | 13 | 17. | „ | 39 |
| 9. | „ | 14 | 18. | „ | über 100 |

beobachtet. Im gegenwärtigen Jahrhundert vergeht kein Monat, ja wenn man alle Berichte zusammenstellen wollte, gewiß keine Woche, in welcher nicht eine oder mehrere gesehen würden. Die großen Unterschiede, welche in den einzelnen Jahrhunderten in der Zahl stattfinden und die Zunahme in der Neuzeit sind natürlich nicht als wirkliche reelle Anzeichen wechselnder Häufigkeit oder periodischer Veränderlichkeit anzusehen. Die Wahrnehmung hängt von vielen Zufälligkeiten ab und diese waren in früheren Zeiten von um so größerem Einfluß als damals die Beschäftigung mit den Himmelserscheinungen nicht eine gleich lebhafte war als in der Gegenwart. Und speziell wird gerade den meteorischen Phänomenen in den jüngsten Zeiten sehr große Aufmerksamkeit von vielen Seiten geschenkt, da es mehr und mehr jedem Gebildeten zum Bewußtsein kommt, wie er wirklich mit kleiner Mühe Beobachtungen von wissenschaftlichem Wert in

dieser Richtung anstellen kann. Wir wünschten, daß auch vorliegendes Werkchen, welches durch die Art seiner Verbreitung in weiteste Kreise einzudringen bestimmt ist, dazu beitrüge, die wissenschaftlich brauchbaren Beobachtungen der Meteorite zu vermehren. Aus dem Vorherigen ergiebt sich nun, welche Daten von Wichtigkeit sind: es kommt darauf an die Bahnverhältnisse der Feuerkugeln, über welche wir wohl schon einige Kenntnisse erworben haben, noch viel genauer zu ermitteln, so daß sich eine Gesetzmäßigkeit mit mehr oder minder großer Schärfe ergiebt. Die Bahnen der Meteorite lassen sich aber berechnen, wenn dasselbe Objekt an verschiedenen Orten nach seinem scheinbaren Lauf beobachtet werden konnte, wenn also an verschiedenen Punkten der Erde, Zeit und Ort am Himmel, wo das Meteor aufleuchtete und verschwand angegeben ist. Niemand sollte es unterlassen, wenn er eine glänzende Erscheinung am Himmel sieht, nach seiner Uhr, womöglich auf die Sekunde, Anfang und Ende derselben zu beobachten und dabei nach den in der Nähe befindlichen helleren Sternen die Endpunkte der Flugbahn festzulegen. Unmittelbar nach der Beobachtung ist es wünschenswert, daß die Uhr mit einer genau regulierten Uhr (am besten auf der Sternwarte, oder sonst auf dem nächsten Bahn-, Post- oder Telegraphenamt) verglichen wird. In sehr vielen Fällen wird es nicht gelingen, korrespondierende Beobachtungen von verschiedenen Orten aufzufinden, je mehr aber die Aufmerksamkeit auf diese Phänomene in weitere Kreise dringt, um so zahlreichere Korrespondenzbeobachtungen werden erhalten werden, und jeder einzelne Fall, in welchem ein Meteor an verschiedenen Orten genau wahrgenommen wurde, ist von sehr großem Wert. Es bedarf nicht besonderer Erwähnung, daß neben diesen auf die Bahn bezüglichen Daten auch alle Notierungen über die äußere Erscheinung, Helligkeit, Farbe, Explosion mit oder ohne Detonation (letztere wird immer erst ziemlich lange, 1—2 Minuten, nach der geschehenen Explosion gehört werden können) von Interesse sind.

Bekanntlich ist es mehrfach gelungen, Trümmer der Meteorite

aufzufinden; dergleichen wird aus den frühesten Zeiten berichtet. So lesen wir in der Bibel (Josua): „Gott sandte große Steine vom Himmel;" und Plutarch erwähnt im Leben des Lysander, daß 476 v. Chr. bei Aigos Potamos in Thracien ein großer Stein zur Erde fiel. Ein sehr bedeutender Steinfall ereignete sich am 7. November 1492 bei Ensisheim im Elsaß, es schlug hier ein fast 3 Centner schwerer Stein in einen Acker ein und ein Stück desselben ist noch jetzt in der Ortskirche aufgehängt. Über diesen Fall berichtet auch Sebastian Brant, es heißt bei ihm:

Als man zelt viertzenhundert Jar
Uff Sant Florentzentag ist war
Nüntzig und zwei umb mittentag
Geschach ein grüsam Donnerschlag
Drij zentner schwer fiel dieser stein
Hin in dem feld von Ensisheim,
Drij eck hat der verschmertzet gar
Wie ertz gestalt und erdes var.
Ouch ist gesehen in dem lufft
Slymbes fiel er in erdes klufft.
Clain stück sind komen hin und har
Und wit zerfüert süst sichst in gar.
Tunow, Necker, Arh, Jll und Rin
Switz, Uri, hort den Klapff der Jn
Ouch doent er den Burgunden ver
Jn forchten die Franzosen ser.

Bei Crema fielen am 4. Sept. 1511 über 1000 Steine zu Boden. Aus der neuen Zeit werden die Fälle über beobachtete Steinregen, Herabstürzen meteorischer Massen immer häufiger. Im Jahre 1803, April 26. wurden bei l'Aigle in Frankreich (Dep. Orne) Nachmittags zwischen 1 und 2 Uhr 5 Minuten lang aus einer kleinen Wolke Explosionen gehört und nachher fand man auf einem Flächenraum von etwa einer Quadratmeile an 3000 Steine im Gewichte von 8 Gr. bis 9 Kilogr. Ein sehr berühmter Fall ereignete sich am 9. Juli 1866 in Knyahinya in Ungarn; eine kleine Wolke schien sich zu entzünden und un-

ter starkem Donner fielen etwa 1000 Steine im Gesamtgewicht von 9 Centnern zu Boden, von denen 4 allein zusammen 6 Centner wogen.

In allerneuester Zeit sind unter vielen anderen Fällen zwei von größerem Interesse geworden, weil der Verlauf des Phänomens ziemlich genau verfolgt werden konnte und zur Abfassung größerer Abhandlungen Veranlassung gab. Der erste fand statt am 17. Mai 1879 bei Gnadenfrei in Schlesien. Galle und Lasaulx haben die Berichte gesammelt und wir entnehmen denselben das Folgende:

„Die erste Nachricht von dem am 17. Mai Nachmittags gegen 4 Uhr bei Gnadenfrei zwischen Reichenbach und Frankenstein in Schlesien stattgehabten Meteorsteinfalle gelangte nach Breslau durch eine in der „Schlesischen Zeitung“ vom 20. Mai enthaltene Mitteilung des Grafen L. Pfeil in Gnadenfrei. Es fügte sich sehr günstig, daß schon am nächsten Tage nach dem Falle, am 18. Mai, diesem wissenschaftlichen Kenner der Beschaffenheit und des Wertes derartiger Funde die Nachricht über dieses Ereignis zuging, und durch seine eifrigen Bemühungen war es gelungen, den größten Teil der Stücke für wissenschaftliche Zwecke zu erhalten, sowie es ihm auch glückte, über den Verlauf des Niederfalles und die denselben begleitenden Umstände glaubhafte Erkundigungen einzuziehen. Galle und Lasaulx begaben sich wenige Tage nachher selbst an Ort und Stelle, um womöglich noch Weiteres zu erfahren und mehrere Stücke zu erwerben. Ueber den Verlauf des Falles ergab sich Folgendes:

Es sind zwei Steine, ein größerer (etwa ein Kilogramm schwer) südlich von Gnadenfrei in der Richtung nach dem Dorfe Kleutsch zu, und ein etwas kleinerer, nordöstlich in dem Dorfe Schobergrund gefunden worden. Von ersterem wurde das Niederfallen in einer Entfernung von 50 Meter wirklich beobachtet. Eine Frau aus Ober-Peilau hörte auf dem Felde bei leicht und größtenteils bewölktem Himmel plötzlich einen heftigen Knall

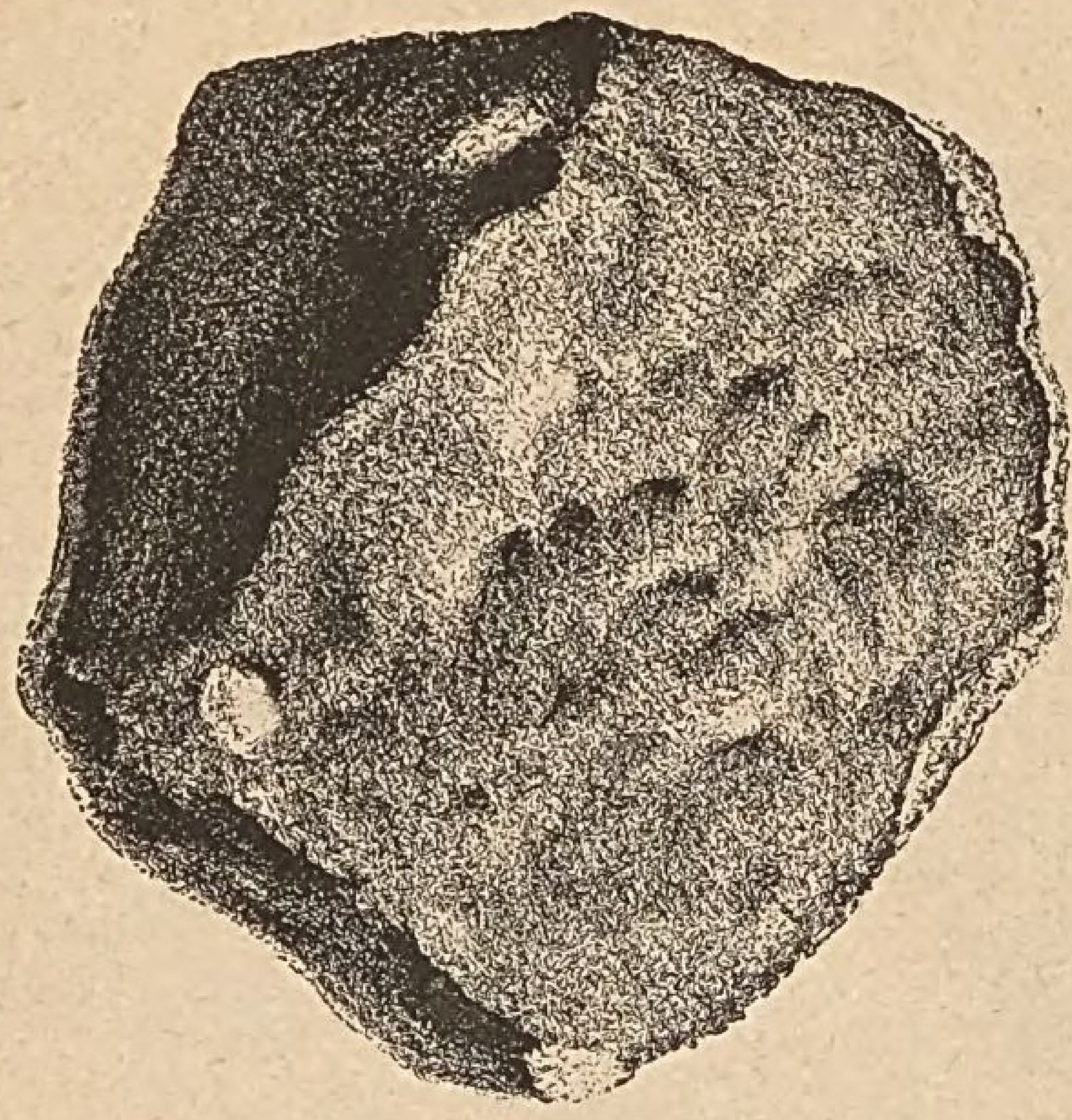
wie einen Kanonenschuß, dem ein Knattern wie Kleingewehrfeuer folgte, so daß sie in südöstlicher Richtung in dem Walde östlich von Kleutsch Jäger vermutete. Weiter gehend hörte sie nachher ein starkes Summen und Sausen und sah nach rechts mit einem dumpfen Schlage etwas in den Acker fallen und den lockeren scharzen Boden aufwerfen. Sie rief eine andere in einiger Entfernung auf dem Felde arbeitende Frau herbei um gemeinsam mit ihr nachzusehen, was dort heruntergefallen sein könne. Es zeigte sich ein senkrechtes etwa ein Fuß tiefes Loch und aus demselben gruben sie einen mit schwarzer Rinde überzogenen Stein aus, derselbe war kalt und wurde im nahen Graben abgewaschen. Der Mann der einen Frau schlug ein Stück des Steins ab und durch ihn gelangte die erste Nachricht zum Grafen Pfeil. Aus späteren Untersuchungen, Ganggraben zwischen dem Orte, wo die Frau den Knall hörte und dem Ort, wo der Stein gefunden wurde, ergab sich, daß zwischen dem gehörten Knall und dem Momente des Niederfalles ein Zeitraum von 70 Sek. vergangen sein mußte.

In Betreff des zweiten Steines vom Dorf Schobergrund berichtete ein Arbeiter, daß er einen gewaltigen Knall gehört habe und dann — etwa eine Minute später — ein eigentümliches Summen vernahm, und meinte, es müsse an zwei Stellen etwas niedergefallen sein. Auch folgte ein Geknatter wie bei Militärschießübungen. Ein anderer Arbeiter bemerkte auf seinem mit jung aufsprossender Gerste bestandenen Ackerfeld ein Loch im Erdboden, wovon er zunächst glaubte, daß es vom Hund aufgewühlt worden sei. In demselben sah er in einer Tiefe von reichlich $1/2$ Fuß den etwa $1 1/2$ Pfund schweren Stein, den er als möglicherweise vom Himmel gefallen, seinem Nachbar zeigte — ihn aber leider auch dabei in viele Stücke zerschlug und verteilte.

Nach manchen Berichten scheint noch ein dritter Knall gehört zu sein, so daß es nicht unmöglich ist, daß außer diesen beiden Steinen noch mehrere herabgefallen sind. Aufgefunden

wurden nur die beiden, die auch nicht vollständig in den Besitz der Forscher gelangten, weil eben eine beträchtliche Anzahl der Bruchstücke verschleudert worden waren. Indessen gelang es doch nach und nach so viele Teile zu erwerben, daß es möglich wurde im Wesentlichen die Steine vollständig zu rekonstruieren. Beide Steine waren, als sie aufgehoben wurden, rundum mit dunkler Schmelzrinde umgeben. Von dem zu Gnadenfrei niedergegangenen Stein blieb das größte Stück im Gewicht von 752 Gramm

Fig. 50.

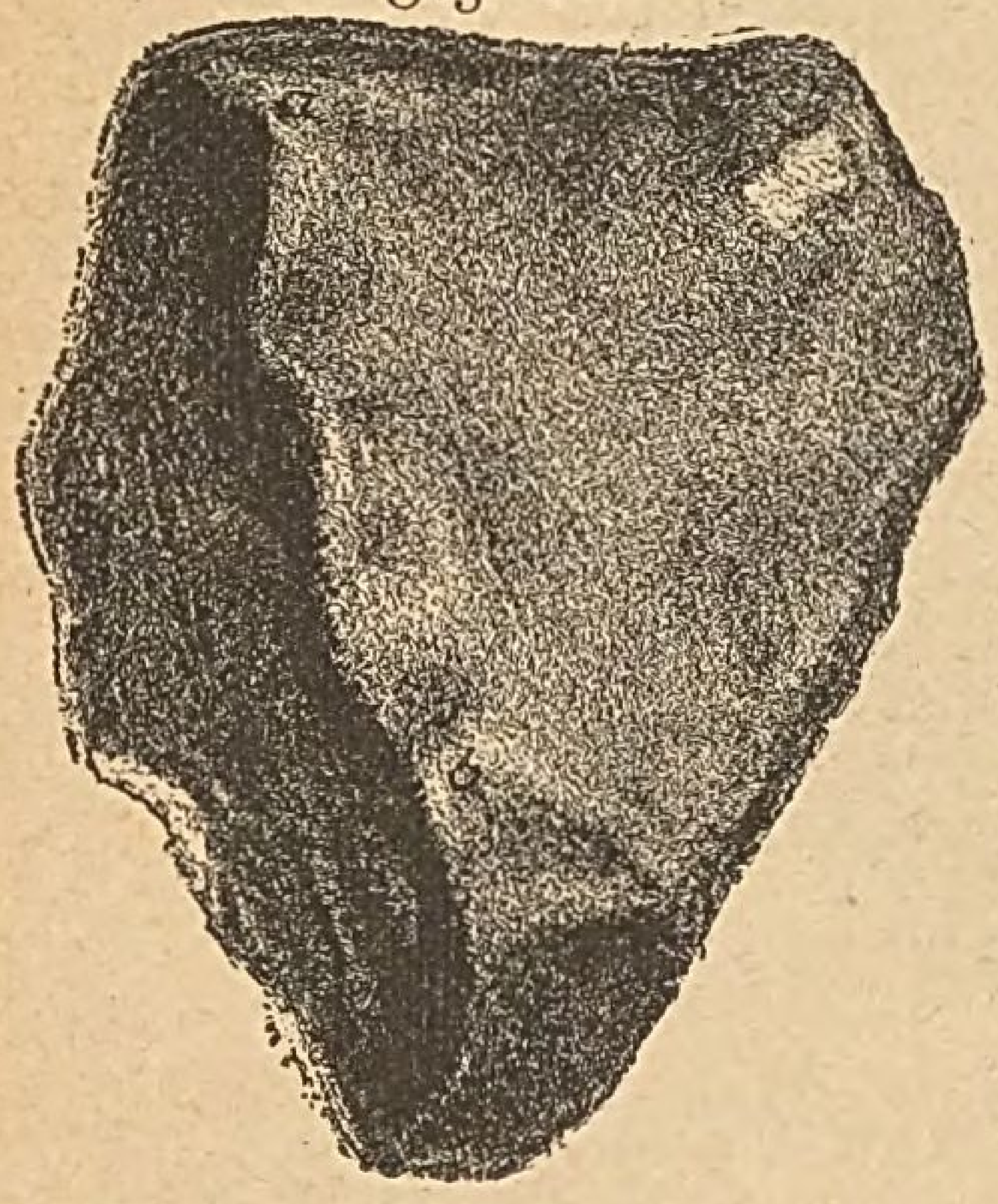


Der Meteorstein von Gnadenfrei.

erhalten und kam mit 7 kleineren Stücken im Gesammtgewicht von 131 Gramm in den Besitz der Breslauer Gelehrten. An das große Stück, welches in der Figur 50, 51, 52 abgebildet ist, paßten noch 3 Stücke mit den Bruchflächen genau; in Fig. 52 sind links 2 dieser Stücke wieder angefügt, während in Fig. 50, 51 nur das größere Stück dargestellt ist. Aus den übrigen noch vorhandenen kleineren läßt sich der noch fehlende Teil sehr gut ergänzen, wie dies aus Fig. 52 schon deutlich ersichtlich ist. Das fehlende kann hier sicherlich nicht mehr als 150 Gr. betragen, so daß das ursprüngliche Gesammtgewicht dieses Steins rund ein Kilogramm betragen haben könnte. Die Form des Gnaden-

freier Steins bietet gegen andere Fälle nichts Außergewöhnliches. Die ganze Oberfläche der Schmelzrinde ist mit sehr feinen, wellig verlaufenden Runzeln bedeckt. Zahlreiche kleine meist rundliche Höcker rühren von den durch die Rinde hervortretenden Eisenkernen oder auch chondritischen Kügelchen her und diese treten besonders unter der dünnen Rinde der Brustfläche deutlich hervor. Feine Risse durchsetzen die Schmelzrinde, sie mögen wohl alle erst beim Einschlagen in den Boden oder beim Zerschlagen des Steins entstanden sein, es ist nirgends die Schmelzhülle durch dieselben ins Innere gedrungen. — Von dem Schobergrunder Stein konnten 10 Stücke erworben werden, das größte von nur 57, das kleinste von 4 Gr. Gewicht, das Gesamtgewicht der 10 Stücke beträgt 260 Gr. und es mag dieses wohl etwa die Hälfte des Steins sein. Mehrere Stücke passen auch hier wieder mit den Bruchflächen zusammen und die ursprüngliche Gestalt, wie sie in Fig. 54 dargestellt ist, ließ sich mit großer Sicherheit rekonstruieren. Fig. 53 stellt die zusammengepaßten erworbenen Stücke dar.

Fig. 51.

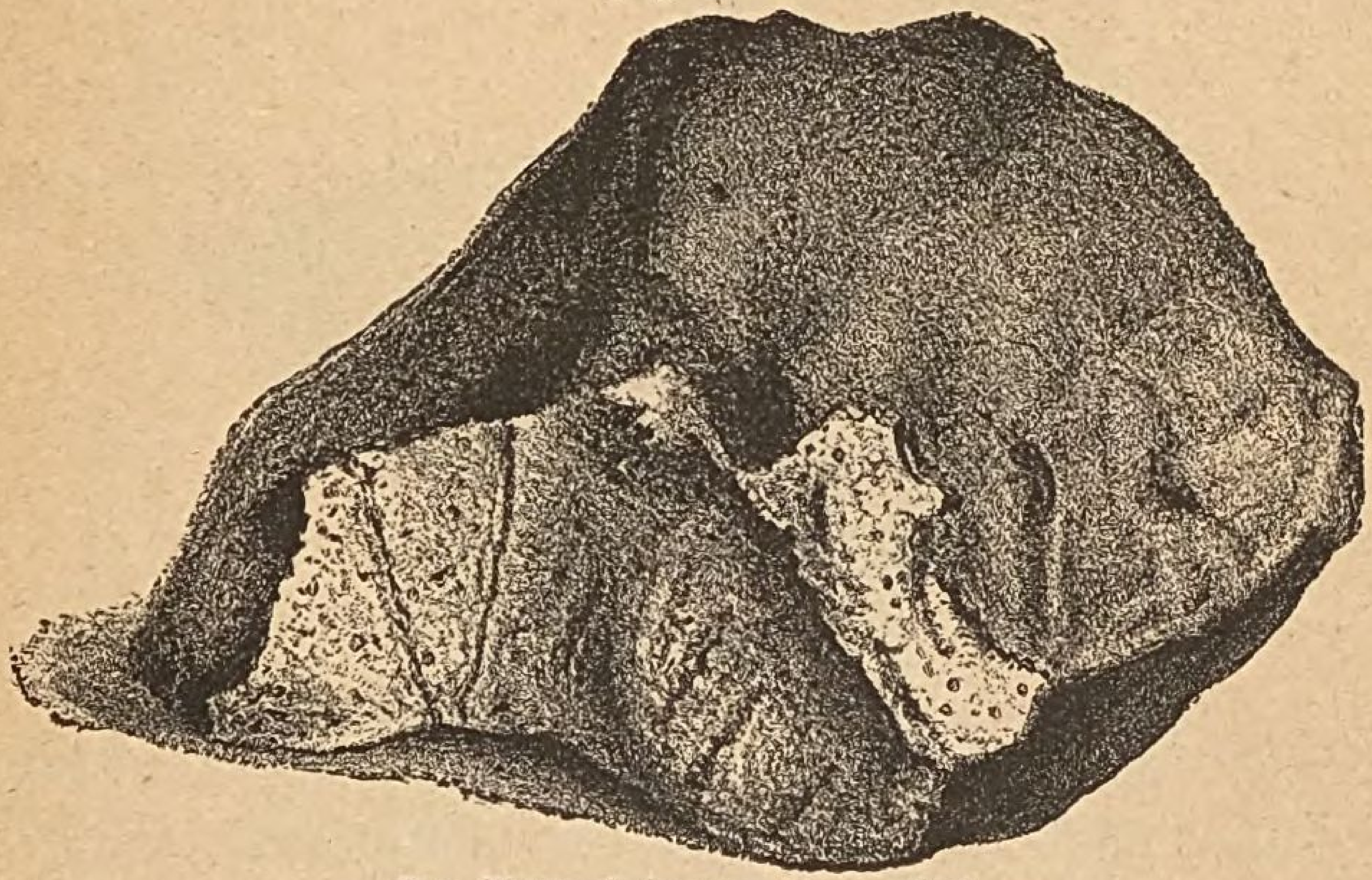


Der Meteorstein von Gnadenfrei.

Die Farbe der äußeren Schmelzrinde ist bei beiden Steinen etwas verschieden, bei dem Gnadenfreier überall vollkommen schwarz, bei dem Schobergrunder erscheint die ganze Oberfläche rostfleckig, die Beschaffenheit der Rinde ist sonst die gleiche, wie auch die Masse keine Verschiedenheiten aufweist. In einer lichtgrauen Grundmasse, die außerordentlich bröckelig ist, liegen zahlreiche kleine Kugeln, die größten 2—3 mm. Durchmesser, die kleinsten nur wie winzige Pünktchen erscheinend; die Farbe der Kugeln ist weiß, grün oder dunkelgrau. Über ihnen erscheinen größere und kleinere Partieen von metallischem Eisen, die auf

der Bruchfläche nur wenig hervortreten, aber auf einer angeschliffenen Fläche reichlicher sichtbar werden. Bei dem Schobergrunder Stein entspricht auch die Färbung des Innern der, rostfleckigen Farbe der Schmelzrinde, namentlich ist sie auf den Rissen weit ins Innere gedrungen. Es hat sich nun gezeigt daß, wenn man abgeschlagene Stücke, die ganz frisch erscheinen, also vollkommen rostfrei, nur kurze Zeit ins Wasser taucht, sie schon nach wenigen Stunden rostfleckig sind. Es geht also die Oxydation enorm rasch vor sich und da der Schobergrunder

Fig. 52.



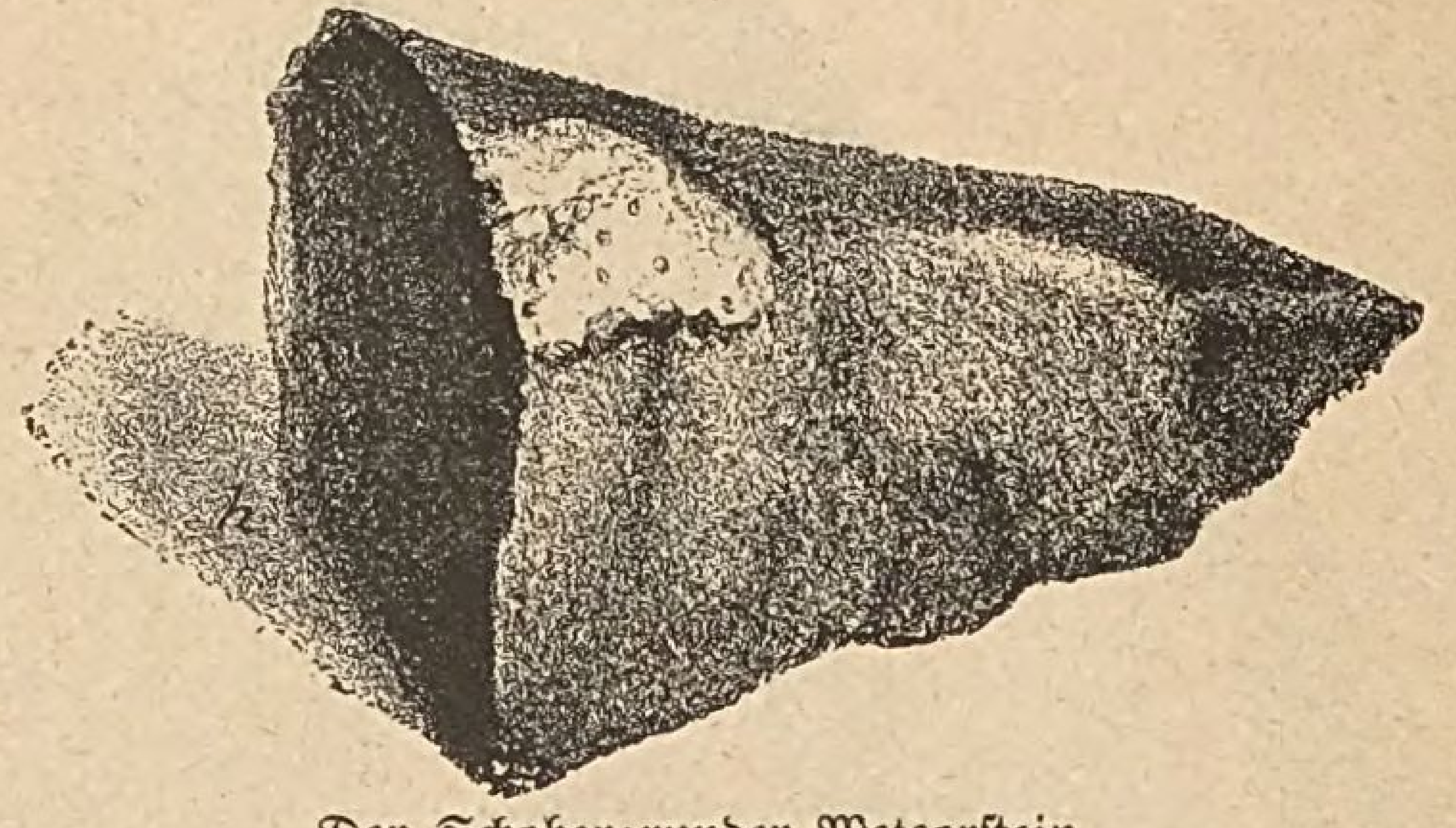
Der Meteorstein von Gnadenfrei.

Stein einige Zeit im feuchten Acker lag, bevor er gefunden wurde, so mag diese genügt haben, um ihn so stark zu oxydieren.

In der Figur 55 ist ein Dünnschliff des Steins wiedergegeben und die mikroskopische Untersuchung desselben hat gezeigt, daß in der Gesteinsmasse Nickeleisen, Magnetkies, Troilit, Chromeisen, Enstatit, Olivin und die aus diesen beiden Mineralien gebildeten Kugeln vorkommen. Es bezeichnet a Nickeleisen mit zackiger Oberfläche, b Magnetkies körnig mit bronzefarbigem Reflex, c Olivinkugel, in derem Innern ein großer Krystall, mit einem Rand von kleineren Krystallen, d Olivinkugel, zwei scharfe Krystallquerschnitte im Innern, körnige mit schwarzer

staubförmiger Substanz erfüllte Olivinmasse darum, e spiralig aufgerollte, aus Olivinkörnern bestehende Kugel; f Olivinkugel mit einem größeren scharf konturierten Krystall im Innern, der sehr stark von der schwarzen staubförmigen Substanz umrandet ist, g zerbrochene, gestreifte Olivinkugel, optisch einheitlich sich verhaltend, Auslöschungsrichtung parallel dem Streifen, h Querschnitt eines isolierten Enstatitkrystalles, feine Längsstreifung mit Querrissen, i Chromeisenoktaeder in Olivin, k Enstatit als Grundmasse.

Fig. 53.



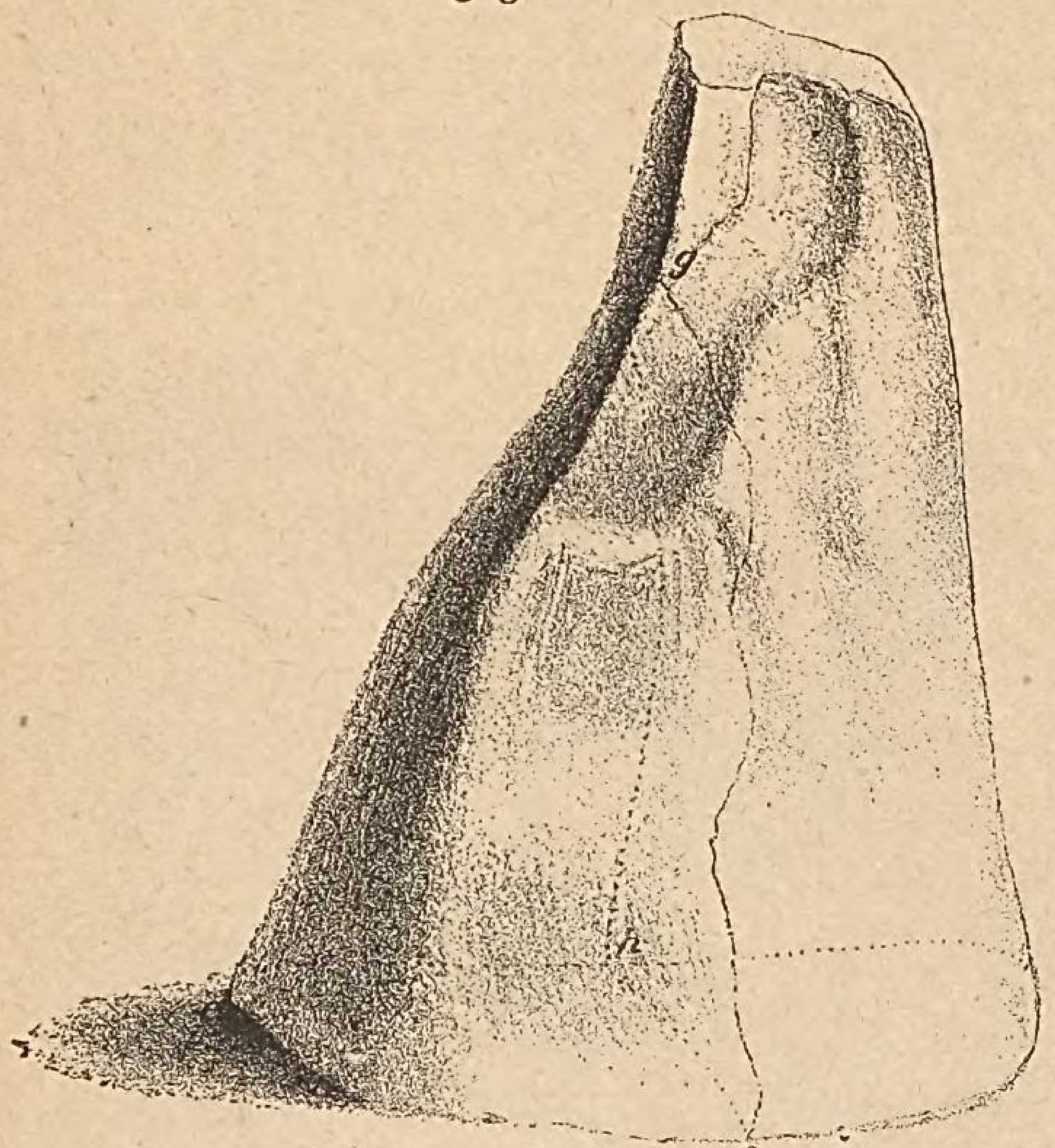
Der Schobergrunder Meteorstein.

Der Gesamteindruck, den die Struktur dieser Meteorite im Dünnschliff macht, ist der eines Trümmergesteins. Außer den Bestandteilen der eigentlichen Grundmasse sind es die vielen Kugelrudimente, die diesen Eindruck hervorrufen. Solche zerbrochene oder halbe Kugeln sind nicht selten, sie erscheinen in der Figur bei g und c sehr deutlich, noch häufiger sind solche, an denen der äußere Rand nicht mehr scharf, sondern wie beschädigt erscheint.

Der zweite noch etwas näher zu besprechende Meteoritenfall fand erst im vorigen Jahre statt, nämlich bei Brescia am 16. Febr. Denza berichtet darüber, daß nachmittags $2^3/_4$ Uhr eine heftige Detonation an vielen Orten Oberitaliens gehört wurde, daß sie aber geradezu erschreckend in Alfianello bei Brescia war. Die Ursache derselben war ein Meteorit, welcher einige hundert

Meter über Alfianello explodierte. Ein Bauer sah denselben in der Richtung von Nordost nach Südwest aus einer Entfernung von 150 Meter herabfallen. Als die meteorische Masse zur Erde fiel, folgte eine erdbebenartige Erschütterung, welche weithin gehört wurde; die Telegraphendrähte zitterten, die Fensterscheiben klirrten. Kurz vor dem Fall sah man am Himmel eine

Fig. 54.




Der rekonstruierte Schobergrunder Meteorstein.

undeutliche Masse sich bewegen, es ertönte ein Geräusch, wie wenn ein Bahnzug in raschem Laufe über die Schienen rollt. Sie kam etwa 300 Meter südwestlich von Alfianello zur Erde schlug in schräger Richtung, ähnlich wie man sie sich in der Luft fortbewegen sah, in den Boden ein und sank bis auf etwa die Tiefe von einem Meter. Die Landleute, welche den Meteorit fallen sahen, und ihn zuerst berührten, fanden ihn noch warm. Er kam unverletzt herab, aber leider zerschlug das Volk den Stein in kleine Stücke, die überall hin zerstreuet wurden. Die

Gestalt war eiförmig, die Oberfläche mit der gewöhnlichen Schmelzkruste überzogen.

Ueber Größe und Gewicht des Aerolithen gehen die Berichte auseinander; einige schätzen die Länge zu 75 Centimeter, die größte Breite 60 Centimeter; das Gewicht wird von 50 bis 250 Kilogramm angegeben. In Wahrheit dürfte der Meteorit wenigstens 200 Kilogr. schwer gewesen sein. Nach Bologna gelangten nämlich über 25 Kilogr.; der Eigentümer des Feldes, wo er einschlug, behielt Stücke von 13 Kilogr., andere Personen behielten etwa 40 Kilogr., Stücke von 5 Kilogramm kamen

Fig. 55.




Partie aus einem Dünnschliffe des Gnadenfreier Meteorsteins.

nach Brescia, andere von 12 Kilogr. wurden anderweitig zerstreut u. s. w. Seiner Beschaffenheit nach gehört der Meteorit zu den Oligosideriten (s. später); sein spezifisches Gewicht wurde zu 3.50 ermittelt.

Es ist schon aus den bei verschiedenen Gelegenheiten benutzten Beispielen hervorgegangen, daß die Meteorite in sehr verschiedenem Gewichte zu uns gelangen. Man hat die Fälle, wo die Meteorite als einzelne isolirte Körper herabstürzen, zusammenzustellen versucht und dabei hat sich ergeben, daß Meteorsteine

von 100 und mehr Kilogramm zu den größten Seltenheiten gehören, daß sie aber auch selten weniger als 1 Kilogramm schwer sind. Buchner führt 61 Fälle auf, unter diesen ist der Ensisheimer mit 127 Kilogr. der schwerste, es folgen dann solche von 70, 35, 30, 25, 20 Kilogr. u. s. w. und es entsprachen 40 — also $^2/_3$ der Gesamtzahl — den Gewichten von 1—10 Kilogr. Unter 1 Kilogr. wiegen nur 7, es scheint in der That, daß die Mehrzahl 1—10 Kilogr. schwer sind, jedenfalls die größeren wirklich viel seltener sind. Die geringe Anzahl der kleineren mag zum großen Teil sich wohl dadurch erklären lassen, daß die kleinen Steine viel leichter der Aufmerksamkeit entgehen.

Wir haben bei den vorher speziell betrachteten Fällen vielleicht etwas vorgegriffen, indem dabei auch über die physisch-chemische Zusammensetzung der Meteorite die nötigen Mitteilungen gemacht wurden. Es würde aber zu anderweitigen Wiederholungen geführt haben, wenn dort die darauf bezüglichen Untersuchungen fortgelassen worden wären, außerdem würden die uns über diese ausgezeichneten Fälle bekannt gewordenen Thatsachen auseinandergerissen worden sein. Was nun im Allgemeinen die Zusammensetzung der Meteorite betrifft, so sind mehrere Hauptklassen zu unterscheiden. Manche Museen und Institute haben sehr ausgedehnte Sammlungen von den verschiedensten Steinen, namentlich sind hier das British Museum, das Mineralogische Kabinet zu Wien, und das Naturhistorische Museum zu Paris zu erwähnen. In letzterem sind Stücke von den meisten beglaubigten Fällen aufbewahrt und 1869 bestand die dortige Sammlung aus 235 verschiedenen Exemplaren, wobei man die Zahl aller damals bekannten auf kaum mehr als 250 wird veranschlagen dürfen. Daubrée hat dieselben untersucht und auf Grund seiner Forschungen teilt er die Meteorite in folgender Weise ein:

Die erste Gruppe sind die Holosideriten (von *ὅλος*, ganz und *σίδηρος*, Eisen), die Meteoreisen. Dieselben bilden Massen, welche frei von steinigen Bestandteilen sind und manchmal so

rein auftreten, daß sie ohne Weiteres zum Schmieden würden Verwendung finden können. Dieses Meteoreisen ist in gleicher Weise durch seine chemische Zusammensetzung, wie auch durch die Struktur charakterisiert. Es ist mit verschiedenen anderen Metallen verbunden, unter diesen ist Nickel das Häufigste und zwar sind die Legierungen mit Nickel oft 10 Prozent, im Mittel 4—20, selten über 50. Häufig enthält es ein Eisensulfurat, den Troilit, auch Kohlenstoff als Graphit, eine schwer lösliche Verbindung von Eisen, Nickel und Phosphor, welche Berzelius als Schreibersit bezeichnete, ferner eine ähnliche Substanz, die nach Rose Rhabdit genannt wird. Beim irdischen Eisen kommen diese Verbindungen niemals vor. Die Struktur ist sehr auffallend, wenn man eine polierte Fläche des Meteoreisens mit Salpetersäure beizt, so zeigen sich sehr eigentümliche Figuren, welche man nach ihrem Entdecker Widmannstettensche Figuren nennt.

Die Eisenfälle sind unvergleichlich viel seltener als die Steinfälle, wenigstens in unseren Zeiten. In Europa hat man nur zwei gut beglaubigte Fälle beobachtet, den einen im Jahre 1751 in Agram, den anderen im Jahre 1847 in Braunau in Böhmen. Immerhin hat man eine nicht ganz geringe Anzahl aus den verschiedensten Gegenden zu sammeln vermocht, von denen man mit derselben Sicherheit behaupten konnte, daß sie Meteorite wären, als wenn man sie wirklich hätte zur Erde fallen sehen. Hier mag auch erwähnt werden, daß die frühesten Fälle von Meteoriten zu der Gruppe der Metallischen gehören; daß in den ältesten Zeiten keine Meteorsteine gefunden sind, mag wohl seine Ursache besonders darin haben, daß diese weniger auffallend als jene sind.

Die zweite Gruppe ist die der Syssideriten (von *συν*, mit) die mit Eisen verbunden sind. Manche Meteoreisen enthalten steinige Partikelchen in einer metallischen Hülle, sie bilden den ersten Übergang von den metallischen zu den steinigen Meteoriten. Am meisten findet sich in dieser Gruppe Enstatit (Mag-

nesiasilicat) in Körnern in dem Eisen enthalten. Als spezieller Repräsentant dieser Klasse kann die Pallasmasse angesehen werden. Diese wurde an der Oberfläche der Erde zwischen Krosnojarsk und Abakansk in Sibirien gefunden und wog 635 Kilogramm. Die Form war sehr unregelmäßig und etwas abgeplattet. Die Tartaren glaubten, sie sei vom Himmel gefallen. Im Jahre 1772 wurde sie nach Petersburg geschafft, wo der Reisende Pallas sie untersuchte, hierbei fand sich, daß sie aus einem dehnbaren Eisen bestand, dessen Hohlräume mit Olivin ausgefüllt waren.

Die dritte Gruppe ist die der Sporadosyderiten (σποράδος, zerstreut). Die meisten dieser Meteoriten sind dadurch charakterisiert, daß sie aus einer steinigen Masse bestehen, in welcher das Eisen zerstreut nach Art von Schrot vorkommt. Diese Eisenkörner sind von sehr verschiedener Größe, von der Größe einer Nuß und darüber, bis hinab zu den kaum mikroskopisch erkennbaren Partikelchen. In dieser Gruppe unterscheidet Daubrée drei Unterabteilungen. Die erste ist die der Polysideriten (πολὺς, viel), die zweite die der Oligosideriten (ολιγος, wenig), die dritte die der Kryptosideriten (κρυπτος, verborgen). Letztere, bei denen das Eisen in so feinen Körnern vorhanden ist, daß man es lange überhaupt nicht bemerkte, bis G. Rose den Nachweis der Existenz führte, bilden den eigentlichen Übergang zwischen den Meteoriten, welche metallisches Eisen enthalten und denen die vollständig frei von demselben sind. Übrigens unterscheiden sich diese Unterabteilungen von einander nicht allein in der Menge des Eisens, sondern auch in den steinigen Verbindungen.

Die vierte Hauptgruppe bilden die Asideriten, welche kein Eisen enthalten. Die Meteorite, in denen man keine Spur zerstreuten metallischen Eisens erkennen konnte, sind übrigens selten. Je aufmerksamer man die Meteorite auf die Anwesenheit von metallischem Eisen untersucht, um so mehr reduzieren sich die Beispiele der vollkommenen Asideriten. Heutigen Tages beschränkt sich diese Gruppe eigentlich nur auf die Kohlenmeteorite und diese letzteren sind wiederum an Zahl sehr gering. Man kennt 4,

sämtlich aus neuerer Zeit, der erste zu Alois 1806, der zweite am Kap der guten Hoffnung 1838, der dritte zu Kaba in Ungarn 1857, der vierte zu Orgueil 1864. Über den Fall des Letzteren, der am 14. Mai 8 Uhr Abends stattfand, wird berichtet, daß das Meteor in glänzendstem Licht erschien und an vielen Orten gesehen wurde. Es glich einer von den Sternen herabschießenden Rakete und 2—3 Minuten nachher hörte man donnerähnliches Getöse, Steine fielen in Mengen herab auf einen Flächenraum von ca. 30 Quadratkilometer; mehr als 20 konnten gefunden werden, von denen der größte zwei Kilogr. schwer war. Die Gegenwart von Kohle und zwar in ähnlichem Zustand als die durch Zersetzung vegetabilischer Stoffe entstandene führte zu der Nachforschung nach Überresten von Organismen, indessen gelang es nicht, solche zu entdecken.

Die Steinmeteorite, die man als die dritte und vierte Gruppe ansehen kann, haben von Rose eine andere Einteilung erfahren. Er unterscheidet 1) Chondrite, feinkörnige Gemenge von Olivin und Bronzit, graue Massen mit eingelagerten kleineren oder größeren Kügelchen, diese Art ist die am häufigsten vorkommende. 2) Howardite, welche ihren Namen zu Ehren Howards erhielten, der zuerst einen Meteorstein analysirte; es sind feinkörnige Gemenge von Olivin, Augit, Anorthit mit wenig Schwefeleisen, Chromeisenerz und metallischem Eisen. 3) Chassigrit, ein eigenartiger Stein von Chassigny, feinkörniger eisenreicher Olivin mit wenigen Körnern Chromeisenerz. 4) Chladnit (zu Ehren Chladnis) nur durch Meteorsteinfälle von Bishopville und Bussi vertreten. 5) Shalkit, ein Meteorit von Shalka, ein feinkörniges Gemenge von Olivin und Bronzit. 6) Die kohligen Meteorite, bereits oben erwähnt und 7) Eukrit, ein körnig krystallinisches Gemenge aus Augit und Anorthit mit geringem Gehalt an Magnetkies und metallischem Eisen. Diese sämtlichen Meteorite bestehen überwiegend aus Magnesiasilikaten und haben Ähnlichkeit mit unseren krystallinischen Gebirgsarten, stimmen aber doch mit keinem irdischen Gestein vollständig überein. Man

hat bis jetzt in ihnen nachgewiesen: Nickeleisen (Meteoreisen), Phosphornickeleisen (Schreibersit), Oldhamit (Schwefelcalcium), Troilit, Magnetkies, Magneteisenerz, Chromeisenerz, Kieselsäure, Enstatit, Bronzit, Augit, Olivin und Anorthit.

### 13) Sternschnuppen. Ihre Höhe. Einfluß des Luftwiderstandes auf ihre Bewegung.

Wenn wir nunmehr auf eine speziellere Besprechung der Sternschnuppen übergehen, so ist es hier zunächst die Frage, die uns beschäftigen muß, in welcher Höhe werden uns diese kleinen Körper sichtbar. So einfach die Lösung der Aufgabe im Prinzip ist, so hat sie doch bisher nur Mittelwerte ergeben können, die von den Einzelwerten oft recht beträchtlich abweichen. Das Prinzip ist das der gewöhnlichen trigonometrischen Höhenmessung, indem man von zwei Punkten, deren Entfernung von einander gegeben ist, dasselbe Objekt anvisiert und aus dem Unterschied der beiden Visuren die Entfernung — hier die Höhe — ermittelt. Es ist also auch dasselbe Verfahren, welches zur Bestimmung der Parallaxe der Gestirne angewandt wird und in anderen Teilen dieser Sammlung Besprechung gefunden hat, daher hier füglich nicht weiter auseinandergesetzt zu werden braucht. Es ist jedoch erst ziemlich spät versucht worden, über die Höhe, in welcher die Sternschnuppen aufleuchten, Gewißheit zu erlangen. Bis in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts existierte keine hierauf bezügliche exakte Beobachtung, Bridone behauptete allein, daß sie in größerer Höhe als die der hohen Berge sichtbar werden müßten, weil er sie in gleicher Weise auf dem St. Bernhard, auf dem Aetna, wie am Strande des Meeres gesehen habe.

Benzenberg und Brandes beschäftigten sich, wie ersterer in einem späteren Briefe an Quetelet erzählt, als Studenten an der Göttinger Universität im Jahre 1798 auf ihren alltäglichen Spaziergängen vielfach mit Fragen über die Sternschnuppen, ihre Höhen, Geschwindigkeiten, Bahnen u. s. w. Als sie auf alle ihre Fragen nirgends befriedigende Antworten erhielten,

faßten sie den Entschluß, selbständig, soweit es ihre Mittel erlaubten, vorzugehen. Sie wählten zwei Beobachtungsorte in einer Entfernung von 9 Kilometern und als häufig genug Sternschnuppen beobachtet wurden, deren Parallaxe bei dieser Basis unkenntlich blieb, vergrößerten sie dieselbe auf ca. 15 Kilometer. In eine Sternkarte trugen sie alle beobachteten Sternschnuppen gemäß der wahrgenommenen Flugbahn ein und notierten dazu die Zeit des Aufleuchtens und Verschwindens nach zwei regulierten Uhren.

Eine wesentliche Schwierigkeit zur Erreichung genauer Resultate lag und liegt nun darin, daß es einesteils bei einer sehr großen Anzahl der beobachteten Sternschnuppen sehr schwierig ist, die korrespondierenden Aufzeichnungen für beide Orte mit Sicherheit herauszufinden, sodann, daß man es nicht mit der Beobachtung ruhiger Objekte, wie dies bei den Gestirnen der Fall ist, zu thun hat, daß vielmehr die Sternschnuppen im Laufe weniger Sekunden, ja meistens in Bruchteilen der Sekunde, beträchtlich ausgedehnte Bögen am Himmel beschreiben, daß demgemäß die Ortsbestimmung in den zahlreichsten Fällen eine sehr unsichere bleiben muß. Was die erste Schwierigkeit betrifft, so haben vielfach spätere Untersuchungen dieser Art ergeben, daß sich im Allgemeinen nur eine Sternschnuppe unter 20, ja selbst unter 30 Beobachtungen identifizieren läßt. Was die scheinbare Geschwindigkeit dagegen anlangt, so ist es nicht selten, daß Sternschnuppen beobachtet werden, die in einer Sekunde 20 und mehr Grade durchfliegen. Tritt hierzu die unvermeidliche Überraschung des Beobachters, so ist die Unsicherheit in der Beobachtung nur zu erklärlich. So kann es uns auch nicht gerade erstaunen, wenn die ersten Resultate, welche die beiden jungen Gelehrten erhielten, wenig befriedigend ausfielen. Indessen sind Beobachtungen in gleicher Richtung bis in die neueste Zeit noch vielfach angestellt worden und wenn man diese alle berücksichtigt, so finden z. B. A. Herschel und Newton (Newhaven) aus Beobachtungen von 1798 bis 1863 für die Höhe des ersten Aufleuchtens über

der Erde aus 178 resp. 234 Beobachtungen, 113 resp. 118 Kilometer, für die Höhe des Verschwindens aus 210 resp. 290 Beobachtungen 87 resp. 81 Kilometer. Secchi findet unter Anwendung einer Basis von 65 Kilometer (nämlich Rom-Civita-Vecchia) aus freilich nur 27 Beobachtungen für jene beiden Momente 120 resp. 80 Kilometer, also fast ganz identische Werte. Etwas größere Höhen findet Newton aus Beobachtungen der sogenannten Novembermeteore, nämlich 155 resp. 96 Kilometer, und auch Weiß berechnet für die Augustmeteore in nicht seltenen Fällen 180 Kilometer als die Höhe des ersten Aufleuchtens. Im Ganzen sieht man jedoch, daß die Entfernung der Sternschnuppen von der Erdoberfläche während ihrer Sichtbarkeitsdauer eine geringe ist und daß daher auch die beobachtete Winkelgeschwindigkeit so groß sein muß. Diese Zahlen beziehen sich nun allein auf die helleren, d. h. die dem bloßen Auge sichtbaren Sternschnuppen. Wenn man nun so außerordentliche Geschwindigkeiten schon bei diesen wahrnimmt, so sollte man zunächst meinen, daß sich die schwächeren teleskopischen Meteore bei der Wahrnehmung im Fernrohr unter der Anwendung beträchtlicher Vergrößerungen kaum würden fixieren lassen. Nun hat sich im Gegenteil gezeigt, daß im Allgemeinen die Bewegung der teleskopischen Sternschnuppen eine viel langsamere ist. Schmidt nimmt auf Grund langjähriger Erfahrung an, daß die Winkelbewegung für diese von 0.2 bis 7, allenfalls $10^0$ pro Sekunde beträgt. Natürlicher Weise ist es hier nicht möglich gewesen, aus korrespondierenden Beobachtungen die Entfernungen zu bestimmen, es können Jahre vergehen, bevor man in einem so eng begrenzten Raum des Himmels, wie er das Gesichtsfeld eines mäßig vergrößernden Fernrohrs ausfüllt, eine einzige teleskopische Sternschnuppe wahrnimmt. Daher ist auch nicht mit Bestimmtheit die Ursache dieser langsameren Bewegung anzugeben. Sie kann eine doppelte sein. Man hat vielfach — meistens — angenommen, daß diese schwachen teleskopischen Körperchen sich in noch größeren Höhen befänden und daß die geringe Geschwin-

digkeit auch nur Folge der größeren Entfernung ist, in welcher sie unseren Augen sichtbar werden. Diese Erklärung ist gewiß die nächstliegende, wenn nicht damit die Annahme einer noch viel weiter ausgedehnten Atmosphäre, als es schon die andern Sternschnuppen fordern, gemacht werden müßte, und diese Annahme widerspricht verschiedenen anderen Beobachtungen, so daß sie besser zu vermeiden ist, wenn sich in irgend einer anderen Weise eine Erklärung finden läßt. Die andere Ursache kann nun in der That darin gefunden werden, daß die teleskopischen Sternschnuppen in Wahrheit kleiner sind, geringere Masse besitzen und daher von der Luft einen relativ größeren Widerstand erfahren und dann auch eine langsamere Bewegung annehmen müssen.

Die aus den Beobachtungen der Sternschnuppen gefolgerte Höhe bedingt eine gleiche Höhe der Atmosphäre, da wir nicht zweifeln können, daß die ungeheure Wärme, welche die an sich dunkeln Körper zum Glühen bringt und entzündet, durch die Kompression der Luft entsteht, indem diese Körper mit ungeheurer Geschwindigkeit in der Luft vorwärtsschießen und daher notwendig eine Verdichtung bewirken müssen. Die Luft wird sich bei dieser ungeheuren Geschwindigkeit nicht ausweichend verhalten können, sondern der Körper wird wie ein Kolben in einer Röhre vorwärts gestoßen, vorn die Luft zusammenpressen und wir brauchen ja nur an die Wirkung solcher Kompression im bekannten pneumatischen Feuerzeug zu denken um auch im vorliegenden Falle keine prinzipielle Schwierigkeit der Erkärung zu finden. Auffallend ist nun freilich, daß die Beobachtungen der Sternschnuppen allgemein für die Atmosphäre eine größere Ausdehnung ergeben, als hierfür auf anderem Wege ermittelt werden konnte. Aus theoretischen Gründen wird die Höhe derselben nur zu etwa 50 Kilometer angenommen und wenn man auf die Dämmerungserscheinungen eingeht, so geben auch diese im Maximum eine Höhe von nur etwa 75 Kilometer. Wir dürfen aber hierbei nicht außer Acht lassen, daß in diesen Zahlen sich eine untere Grenze für die Höhe der Atmosphäre ausspricht; die

Dämmerungserscheinungen z. B. geben die Höhe an, in welcher noch Teilchen vorhanden sind, die in einer für uns wahrnehmbaren Weise das Sonnenlicht zu reflektieren vermögen. Sie beweisen nicht, daß darüber hinaus nicht Atmosphäre in solchem Grade der Verdünnung vorhanden ist, welche sich sehr wohl als mächtiger Widerstand gegen die mit so enormer Geschwindigkeit dahineilenden Sternschnuppen offenbaren kann, die aber doch nicht imstande ist uns das Sonnenlicht so zu reflektieren, daß wir dasselbe als Dämmerung beobachten. Die Berechnungen der abnehmenden Dichtigkeit der Atmosphäre mit zunehmender Höhe nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz ergeben dagegen unter Vernachlässigung des Einflusses der Temperatur, daß wenn die Dichtigkeit am Meeresniveau = 1 gesetzt ist, sie in der Höhe von

| | | | |
|---|---|---|---|
| $7\frac{1}{2}$ | Kilometer | beträgt | 0.416 |
| 15 | " | " | 0.172 |
| 30 | " | " | 0.0300 |
| 45 | " | " | 0.0052 |
| 60 | " | " | 0.00090 |
| 75 | " | " | 0.00016 |

Es spricht sich hierin also freilich eine außerordentlich starke Abnahme der Dichtigkeit aus, aber der bei weitem stärkste Verlust an lebendiger Kraft findet in den obersten dünnsten Schichten der Atmosphäre statt. Über den Widerstand der Atmosphäre, sowie die durch denselben entwickelte Wärme hat Schiaparelli interessante Rechnungen angestellt. Was zunächst den Einfluß auf die Geschwindigkeit anbetrifft, so wird diese Wirkung natürlich verschieden sein, je nach der verschiedenen Art der Meteore, nach der größeren oder geringeren Tiefe der atmosphärischen Schichten, in welche sie herabstürzen. Es hat sich im Allgemeinen gezeigt, daß die höheren Meteore eine größere Geschwindigkeit besitzen, als die, welche in tiefere Gegenden herabkommen. Darnach wird also der Widerstand bei jenen sich in geringerer Weise offenbaren als bei diesen, es wird die rein

kosmische Geschwindigkeit (erst weiterhin werden wir die Gründe, welche für die kosmische Natur der Phänomene sprechen, auseinanderzusetzen haben) dort noch deutlicher zum Ausdruck kommen als hier.

Wenn man nun Zahlenwerte über die Wirkung des Luftwiderstandes auf die Geschwindigkeit ableiten will, so wird man freilich von gewissen Hypothesen über ein Gesetz des Luftwiderstandes ausgehen müssen. Über ein solches Gesetz können wir aber nur auf Grund der Empirie Aufschluß erhalten und da unsere Erfahrungen bei Schießversuchen, die ja nur als Ausgangspunkt gewählt werden können, sich immerhin innerhalb Grenzen bewegen, die wieder weit außerhalb der bei dem vorliegenden Problem eintretenden Fälle liegen, so dürfen wir die so berechneten Zahlen nicht als absolut richtige ansehen; wir können in ihnen die ersten Näherungen erblicken, die aber bei aller möglichen Ungenauigkeit doch sehr wohl geeignet sind, ein Bild von den zu erwartenden Vorgängen zu geben. Schiaparelli hat mehrfache Hypothesen seinen Berechnungen zu Grunde gelegt, die eine beruht auf den Versuchen Didions, eine andere auf denen S. Roberts. Dabei untersuchte er die Bewegungsverhältnisse für zwei sphärische Geschosse von 4 Centimeter Durchmesser und der Dichtigkeit $3^1/_2$, welche die den Meteorsteinen entsprechende ist. Er nahm für das eine Geschoß an, daß es mit einer Geschwindigkeit von 72 Kilometer, für das andere, daß es mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometer pro Sekunde in die oberste Schicht der Atmospäre eintrete. Hiermit sind nahe die Grenzwerte der beobachteten Geschwindigkeit der Sternschnuppen bezeichnet. Es ergaben sich die in den folgenden Tabellen niedergeschriebenen Zahlenresultate, wonach die Geschwindigkeit in der ersten Kolumne diejenige ist, welche die Sternschnuppe (Geschoß) besitzt, wenn sie in diejenige Schicht der Atmosphäre eintritt, wo der Luftdruck in der zweiten Kolumne angegeben ist, letzterer in Millimetern der Quecksilbersäule des Barometers ausgedrückt.

| I. Anfangsgeschwindigkeit 72 Kilometer | | II. Anfangsgeschwindigkeit 16 Kilometer. | |
|---|---|---|---|
| Übrigbleibende Geschwindigkeit M. | Entsprechender Luftdruck mm | Übrigbleibende Geschwindigkeit M. | Entsprechender Luftdruck mm |
| 72000 | 0.000 | 16000 | 0.000 |
| 60000 | 0.038 | 14000 | 0.121 |
| 48000 | 0.096 | 12000 | 0.183 |
| 36000 | 0.192 | 10000 | 0.507 |
| 24000 | 0.383 | 8000 | 0.840 |
| 12000 | 0.950 | 6000 | 1.390 |
| 8000 | 1.508 | 4000 | 2.463 |
| 4000 | 3.130 | 2000 | 5.496 |
| 2000 | 6.163 | 1000 | 10.870 |
| 1000 | 11.539 | 500 | 19.633 |
| 500 | 20.301 | | |

Wollte man eine andere Hypothese des Luftwiderstandes anwenden, z. B. die von S. Roberts, so würde eine noch stärkere Abnahme der Geschwindigkeit sich ergeben, indem die übrigbleibende Geschwindigkeit von 500 M. bereits bei 11.64 mm resp. 11.62 einträte. Im Ganzen ist aber die Gesetzmäßigkeit im Gange die gleichartige. Das außerordentlich Auffallende in diesen Zahlen ist darin zu erblicken, daß die übrigbleibende Geschwindigkeit von 500 Meter nach beiden Hypothesen in fast ganz gleichen atmosphärischen Schichten stattfindet und daß die enormen Differenzen in der Anfangsgeschwindigkeit von 72 und 16 Kilometer in der Sekunde beim Eindringen in dichtere atmosphärische Schichten vollkommen verschwinden. Im weiteren Verlauf verfolgen die Meteore also ganz das gleiche Gesetz der Bewegung und wir haben den sehr wichtigen Satz in Betreff der Wirkung des Luftwiderstandes: „Sobald die Geschwindigkeit auf einen kleinen Bruchteil der ursprünglichen reduziert ist, hängt die Bewegung des Geschosses nur zum kleinsten Teil von der Anfangsgeschwindigkeit ab“, mit andern Worten, „wenn man

mehrere Meteore hat, die in die Atmosphäre mit sehr großer aber sehr verschiedener Geschwindigkeit eintreten, so wird diese unter sonst ganz gleichen Umständen in derselben Höhe nur wenig verschieden sein, sobald sich ihre Bewegung sehr verlangsamt hat, das Gesetz des Falles wird bei diesen letzteren Erscheinungen gleichsam unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit sein."

Von nicht geringerem Interesse ist aber die weitere Thatsache, welche sich aus jenen Zahlen ergiebt, daß die größte Verminderung der Geschwindigkeiten bereits in den obersten, den dünnsten Schichten der Atmosphäre eintritt. Es ist hierdurch auch erklärlich, warum man die Meteore, die Aerolithe, für welche ja dieselben Bedingungen gelten, mit so geringer Geschwindigkeit herabfallen sieht. Ihre kosmische so enorme Geschwindigkeit haben sie so gut wie ganz verloren und ihr Herabfallen ist im Wesentlichen der Einwirkung der Schwere zuzuschreiben, welche sich erst bemerkbar machen wird, wenn jene (kosmische) zerstört ist, was nach Obigem in wenigen Sekunden geschehen ist.

Endlich läßt sich noch eine dritte Folgerung von großem Wert aus diesen Zahlen ableiten. Der größte Geschwindigkeitsverlust findet, wie gesagt, in den ersten Augenblicken nach dem Eindringen des Meteors in die Atmosphäre statt, damit auch der größte Verlust an der „lebendigen Kraft", das Geschoß mit der Anfangsgeschwindigkeit von 16 Kilometern hat bereits $^3/_4$ seiner Geschwindigkeit und $^{15}/_{16}$ der lebendigen Kraft eingebüßt, wenn es in die Schicht gelangt, wo der Luftdruck 2.46 mm beträgt. Bei dem anderen Geschoß ist die Sache noch auffallender. Gelangt dieses in eine Schicht von nur 1.51 mm Druck, so hat es $^8/_9$ seiner Geschwindigkeit und $^{80}/_{81}$ seiner lebendigen Kraft verloren. Wenn also das Glühendwerden des Meteors von der Umwandlung eines Teils der ihm innewohnenden lebendigen Kraft in Wärme herrührt, so muß dasselbe statthaben in den Schichten, wo der Luftdruck geringer als 2.5 resp. 1.5 mm ist. Vergleicht man ferner für beide Fälle den jedesmaligen Verlust an lebendiger Kraft, so findet sich, daß die Größe des Verlustes

für das Geschoß von 16 Kilometer, bevor es die Luftschicht von 2.5 mm Druck erreicht, sich verhält zu der Größe des Verlustes für das Geschoß von 72 Kilometer, bevor es die Luftschicht von 1.5 mm Druck erreicht, etwa wie 1 zu 21. Obwohl also das letztere lange nicht so tief in unsere Atmosphäre hinabsteigt, hat es doch 21 mal mehr von seiner lebendigen Kraft verloren als jenes und es wird daher unter sonst gleichen Verhältnissen eine größere Wärme entwickeln können als das andere. Es folgt hieraus der weitere wichtige Satz, daß im Allgemeinen (die eigentlichen Meteorite, welche meistens tiefer herabsteigen, müssen ausgenommen werden) die *höheren* Sternschnuppen die helleren sind, ein Satz, der aus der Theorie abgeleitet durch die Beobachtungen mancher Astronomen Bestätigung gefunden hat. Übrigens wollen wir nicht unterlassen, nochmals darauf hinzuweisen, daß die Folgerungen wesentlich hypothetisch sind, daß sie andere werden, wenn man für die Geschosse ein größeres Volumen, eine andere Dichtigkeit u. s. w. annimmt, ferner den Fall nicht in vertikaler Richtung sondern unter starker Neigung betrachtet. Sie geben aber doch jedenfalls ein Bild der Vorgänge, welche unter gewissen wahrscheinlichen Annahmen der Bewegung der Sternschnuppen in den oberen Schichten der Atmosphäre statthaben können.

Wir haben als weiteren Einfluß die vom Widerstand der Luft entwickelte Wärme zu betrachten, ob sich wirklich so hohe Temperaturen bilden können, daß sie zum Schmelzen der meteorischen Substanzen ausreichend anzusehen sind. Wollte man annehmen, daß der Verlust an lebendiger Kraft sich ganz in Wärme verwandelte und daß die ganze entwickelte Wärme zur Erhitzung des meteorischen Körpers verwendet würde, so könnte sich als Resultat ergeben, daß die Temperatur der Meteore mehrere Millionen Grade betrüge. Diese Annahme ist aber nicht der Wahrheit entsprechend, es wird die Wärmeentwicklung in komplizierterer Weise stattfinden und unter genügend wahrscheinlichen Voraussetzungen ergiebt sich, daß die Temperatur an

der Oberfläche des Meteors wohl mehrere tausende Grade erreichen kann, nicht aber jene eben bezeichneten hohen Werte, dabei aber gewiß genügend ist, die Oberfläche des Meteors vollkommen zu schmelzen. Die Temperatur wird gleich nach dem Eindringen des Meteors am höchsten sein, dann aber rasch abnehmen und zwar für die kleineren Körper schneller als für die größeren. Da nun das Meteor nur wenige Sekunden im Allgemeinen gebraucht bis zum vollständigen Fall, so wird die hohe Temperatur nicht weit ins Innere dringen. Dies entspricht ja der Beobachtung bei den aufgefundenen Stücken. Auch der Umstand, daß die zur Erde gelangten Meteorite im Allgemeinen nur eine geringe Wärme zeigten, ist aus Obigem ohne Weiteres erklärt.

### 14) Zahl der täglich fallenden Sternschnuppen. Sporadische und periodische Sternschnuppen. November- und Augustphänomen.

So regellos nun jedem unbefangenen Beobachter die Bewegung, das Erscheinen der Sternschnuppen zunächst vorkommt, so ist es doch aus der unausgesetzten Beobachtung derselben wieder gelungen, sehr eigentümliche Gesetze in diesen Erscheinungen aufzufinden. Im gewöhnlichen Leben unterschätzt man auch die Zahl der „fallenden Sterne" und es ist ja ein oft gehörter freudiger Ausruf, wenn eine Sternschnuppe gesehen wurde, wie es andererseits nicht selten ist, daß ein Freund der Natur sich beklagt, weil er fast niemals dieselben wahrgenommen habe. Eine nicht sehr lange, aber aufmerksame Betrachtung des gestirnten Himmels wird meistens die eine oder andere dem harrenden Auge offenbaren. Natürlich sind mondscheinlose Nächte der Beobachtung günstiger, ebenso wie es auch durchaus nicht ohne Einfluß ist, wo man sich befindet, ob in den vom Gaslicht erleuchteten Straßen der Stadt, über welche sich Rauch und Dünste lagern, oder aber auf freiem Felde, auf hohem Berge. Wir werden außerdem gleich von besonders bevorzugten Nächten, von besonders begünstigten Stunden der Nacht zu re-

den haben. Abgesehen von diesen, also unter gewöhnlichen Umständen, kann ein aufmerksamer Beobachter wohl etwa 10 Sternschnuppen in der Stunde beobachten, freilich selten mehr; im Durchschnitt haben Schmidt, Wolf, Coulvier-Gravier u. a. für einen einzelnen Beobachter 4 – 5 Sternschnuppen pro Stunde gefunden. Diese sind die sogenannten sporadischen Sternschnuppen, im Gegensatz zu den großartigen meistens periodisch sich wiederholenden Sternschnuppen. Letztere ereignen sich im größten Glanz freilich ziemlich selten, sie sind aber dann so auffallende Erscheinungen, daß sie in der Sage des Volkes leben. Schon in den Chroniken des Altertums und des Mittelalters wird von ihnen erzählt und die chinesischen Annalen erwähnen Schauer, die bis in das 7. Jahrhundert v. Chr. hinaufreichen.

Betrachtet man nun die Gesamtheit der etwa täglich in unsere Atmosphäre eintretenden Sternschnuppen, indem dabei natürlich die geringe Höhe, in der sie aufleuchten, in Betracht kommt, so daß also in nicht sehr beträchtlichen Entfernungen auf der Erdoberfläche jeweils verschiedene Sternschnuppen erblickt werden, so kommt man dabei auf ganz staunenswerte Zahlen. Newton, der schon häufiger erwähnte thätige Forscher auf dem Gebiete der Sternschnuppenastronomie, hat unter der Annahme, daß vier Beobachter stündlich 30 Sternschnuppen wahrnehmen, gefunden, daß täglich etwa 7 Millionen dieser kleinen Körper in unsere Atmosphäre eindringen. Im allgemeinen sind sie von außerordentlich geringer Masse, können oft nur wenige Gramm schwer sein und verpuffen in Folge der großen Wärme fast augenblicklich, so daß nicht erst Bruchstücke, wenigstens nicht größere derselben zur Erde gelangen, wie dies bei den Meteoriten der Fall ist. Es ist aber wohl möglich, daß von den Sternschnuppen Eisenstaub herrührt, der in nicht geringer Menge, dem bloßen Auge unsichtbar, fortwährend zur Erde fällt und dessen Existenz Nordenskjöld dadurch nachzuweisen suchte, daß er große Mengen Schnee auf Spitzbergen mehr als 100 Meilen von jeder Wohnung entfernt einschmolz; er erhielt hierbei in der That ein sehr feines Eisenpulver.

Das erste, welches sich aus der Beobachtung der Sternschnuppenphänomene ergab, ist die schon erwähnte Thatsache, daß zu manchen Zeiten besonders reiche Fälle eintreten. Vergleicht man aber weiter die Daten solcher Fälle, so findet man eine mehr oder minder regelmäßige Wiederkehr, eine Periodizität der Erscheinung, und zwar ferner, daß die Periodizität doppelter Art ist. Es ergab sich zunächst, daß gewisse Meteorschauer von größerer oder geringerer Intensität an demselben Tage oder an nur wenig verschiedenen Tagen des bürgerlichen Kalenders wiederkehrten. Diese Thatsache wurde bei Gelegenheit des sogenannten Novemberphänomens 1832/33 und in den folgenden Jahren bemerkt. Die erste hierauf bezügliche Notiz ist vom 13. November 1831, wo der Kapitän Bérard, der sich mit seiner Brigg an der spanischen Küste nahe bei Carthagena befand, bei vollkommen klarem Himmel morgens 4 Uhr eine sehr beträchtliche Anzahl von Sternschnuppen und hell leuchtenden Meteoren beobachtete; während mehr als 3 Stunden zählte er durchschnittlich in der Minute 2 Sternschnuppen. Nach Zeitungsnachrichten aus verschiedenen Gegenden Deutschlands sind auch an andern Orten in jener Nacht auffallend viele dieser Körper beobachtet worden. Ganz ähnlich war es in der Nacht vom 12. zum 13. November des folgenden Jahres, wo in England, dem östlichen Frankreich, den Niederlanden, der Schweiz, an vielen Orten Deutschlands und in Rußland eine ungeheure Zahl Sternschnuppen von allen Größen beobachtet wurden. Dabei fiel es schon damals auf, daß sie alle von Nordost nach Südwest zu gehen schienen. In viel glänzenderer Weise ereignete sich nun das Phänomen im Jahre 1833, wo in der gleichen Nacht, November 12. auf 13. in Amerika eine so enorme Menge wahrgenommen wurde, daß das Volk in Angst und Schrecken gerieth. Olmsted hat die Beobachtungen in dieser Hinsicht gesammelt und darunter findet sich die Angabe, daß z. B. ein Beobachter in Boston um 6 Uhr morgens am 10. Teil des Himmels in 15 Minuten 650 Sternschnuppen zählte, welche Zahl er nicht ein-

mal ganz der Wahrheit genügend hält. Arago berechnete, daß die Zahl der in jener Nacht gesehenen Meteore sicher 240000 gewesen sein müsse. Es wurde ferner fast allseitig die Bemerkung gemacht, daß sie von einer in der Nähe des Sterns $\gamma$ Leonis befindlichen Stelle des Himmels auszustrahlen schienen und zwar im Laufe der ganzen Nacht von dem gleichen Punkt, obwohl sich derselbe natürlich in seiner Lage gegen den Horizont (nach Höhe und Azimuth) beträchtlich verändert hatte. Diese Angabe ist von sehr großer Bedeutung für die Frage nach dem Ursprung der Sternschnuppen, und wir werden noch später auf dieselbe zurückkommen müssen. Endlich mag noch 1834 erwähnt werden, in welchem Jahre die Zahl zwar immer noch sehr bedeutend, aber doch geringer als 1833 war. Durch diese in mehreren Jahren nach einander in derselben Nacht wahrgenommenen glänzenden Sternschnuppenschauer wurde man an einen Bericht Humboldts erinnert, welcher von einem außergewöhnlichen in Gemeinschaft mit Bonpland in Cumana am 12. November 1799 beobachteten Phänomen handelt. Es heißt hier: „Die Nacht vom 11.—12. November war kühl und ausnehmend schön. Gegen Morgen von $^1/_2$3 Uhr an sah man gegen Osten höchst merkwürdige Feuermeteore; Bonpland, der aufgestanden war, um auf der Gallerie die Kühle zu genießen, bemerkte sie zuerst. Tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen fielen hinter einander eine Stunde lang. Nach Bonplands Aussage war gleich zu Anfang der Erscheinung kein Stück am Himmel so groß als 3 Monddurchmesser, das nicht jeden Augenblick von Feuerkugeln und Sternschnuppen gewimmelt hätte; der ersteren waren wenigere, da man ihrer aber von verschiedener Größe sah, so war zwischen beiden Klassen von Erscheinungen unmöglich eine Grenze zu ziehen. Alle Meteore ließen lange Lichtstreifen hinter sich, die 7—8 Sekunden sichtbar blieben. Manche Sternschnuppen hatten einen deutlichen Kern von der Größe der Jupiterscheibe, sehr starkleuchtende Lichtfunken fuhren von ihnen aus. Die Feuerkugeln schienen durch Explosion zu platzen, die größten, mehr als doppelt

so groß als die Mondscheibe, verschwanden ohne Funkenwerfen und ließen breite leuchtende Spuren hinter sich. Fast alle Einwohner von Cumana sahen die Erscheinung an, weil sie vor 4 Uhr aus den Häusern gehen, um die Frühmesse zu hören. Der Anblick war ihnen nicht gleichgiltig, die Ältesten erinnerten sich, daß einem großen Erdbeben 1766 ein ähnliches Phänomen vorausgegangen war. In der indianischen Vorstadt waren die Fischer auf den Beinen, sie behaupteten, daß das „Feuerwerk“ um 1 Uhr Nachts begonnen habe. Von 4 Uhr an hörte die Erscheinung allmälig auf, indessen konnte man noch eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang mehrere Meteore an ihrem weißen Licht und dem raschen Hinfahren erkennen.“

Dieser Sternschnuppenfall wurde, wie Humboldt nachher erforschte, von Weimar bis zum Rio Negro, vom Rio Negro bis nach Herrnhut in Grönland auf einem Flächenraum von fast einer Million Quadratmeilen beobachtet. So war aus den Erscheinungen im Anfang der dreißiger Jahre in Verbindung mit der Humboldtschen Beobachtung und der Erwähnung, daß auch 1766 ein so glänzender Sternschnuppenregen stattgefunden hatte, gefolgert, daß die an sich schon an meteorischen Erscheinungen reicheren Novembernächte sich etwa alle 33 Jahre zu einem besonders großartigen Ereigniß gestalteten. Es war darnach für das Jahr 1866 das Wiedereintreffen eines ähnlichen Schauspiels zu erwarten und diese Annahme wurde in der That bestätigt. In Greenwich z. B. wurden von 8 Beobachtern

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| von | 11—12 | Uhr | 168 | Sternschnuppen, |
| „ | 12— 1 | „ | 2032 | „ |
| „ | 1— 2 | „ | 4860 | „ |
| „ | 2— 3 | „ | 832 | „ |
| „ | 3— 4 | „ | 528 | „ |

gezählt. Man hat hierauf auch in alten Chroniken geforscht und gefunden, daß sich das Novemberphänomen unzweifelhaft weit zurück verfolgen läßt. Es fanden nämlich bemerkenswerte

Sternschnuppenfälle an folgenden (auf unsere Zeitrechnung reduzierten) Daten statt:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 585 | n. Chr. | Nov. | 12 | 1822 | n. Chr. | Nov. | 12 |
| 902 | „ | „ | 11.12 | 1828 | „ | „ | 11.12 |
| 931* | „ | „ | 11 | 1831 | „ | „ | 13 |
| 934* | „ | „ | 11.12 | 1832* | „ | „ | 12.13 |
| 979 | „ | „ | 10 | 1833* | „ | „ | 12.13 |
| 1002* | „ | „ | 11 | 1834* | „ | „ | 13.14 |
| 1101* | „ | „ | 11 | 1836 | „ | „ | 11.14 |
| 1202* | „ | „ | 11.12 | 1837 | „ | „ | 13.14 |
| 1336* | „ | „ | 11.12 | 1838 | „ | „ | 13.14 |
| 1553* | „ | „ | 11.12 | 1839 | „ | „ | 12.13 |
| 1582 | „ | „ | 11.12 | 1841 | „ | „ | 12.14 |
| 1602* | „ | „ | 11 | 1842 | „ | „ | 11.15 |
| 1698* | „ | „ | 11.12 | 1846 | „ | „ | 12.13 |
| 1787 | „ | „ | 10.11 | 1849 | „ | „ | 12.13 |
| 1799* | „ | „ | 13 | 1866 | „ | „ | 13.14 |
| 1813* | „ | „ | 8.10 | 1867* | „ | „ | 13.14 |
| 1818* | „ | „ | 13 | 1868* | „ | „ | 13.14 |
| 1820* | „ | „ | 12 | | u. s. w. | | |

Unter diesen sind die mit einem Stern bezeichneten als besonders hervorragende Erscheinungen anzusehen und es folgt daraus, daß die eine periodische Wiederkehr jährlich Mitte November stattfindet, daß aber etwa alle 33¼ Jahr eine zweite Periode liegt, welche sich durch erhöhten Glanz auszeichnet; diese reicheren Fälle folgen sich etwa 4—5 Jahre hintereinander.

Eine analoge Periodizität wurde von Quetelet bei anderen Meteorschauern bemerkt. Er fand 1836, daß der Tag des 10. August nach älteren Aufzeichnungen durch eine Steigerung der Intensität des Sternschnuppenphänomens ausgezeichnet war. Diese Augustmeteore zeigen sich nun bei weitem nicht in so glänzender Weise, wie die des November, indessen wiederholen sie sich mit Regelmäßigkeit alle Jahre in höherem Grade als die zuerst angeführte Gruppe, bei welcher die zwischenliegenden

30 Jahre oft doch recht dürftig ausfallen. Auch das Augustphänomen, bekannt unter dem Namen des Laurentiusstroms hat sich weit zurück verfolgen lassen. Es finden sich nämlich reiche Fälle verzeichnet:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 830 | n. Chr. | August | 9 | 1800 | n. Chr. | August | 10—11 |
| 833 | „ „ | „ | 10 | 1801 | „ „ | „ | 9 |
| 835 | „ „ | „ | 9 | 1806 | „ „ | „ | 10 |
| 841 | „ „ | „ | 8 | 1815 | „ „ | „ | 10 |
| 924 | „ „ | „ | 8—10 | 1822 | „ „ | „ | 10 |
| 925 | „ „ | „ | 9—10 | 1831 | „ „ | „ | 10 |
| 926 | „ „ | „ | 9 | 1833 | „ „ | „ | 10 |
| 933 | „ „ | „ | 6—11 | 1836 | „ „ | „ | 8—10 |
| 1243 | „ „ | „ | 11 | 1837 | „ „ | „ | 9—11 |
| 1451 | „ „ | „ | 10 | 1838 | „ „ | „ | 9—11 |
| 1709 | „ „ | „ | 10 | 1839 | „ „ | „ | 9—11 |
| 1779 | „ „ | „ | 10 | 1840 | „ „ | „ | 9—11 |
| 1781 | „ „ | „ | 9 | 1841 | „ „ | „ | 9—11 |
| 1784 | „ „ | „ | 7—10 | 1842 | „ „ | „ | 8—11 |
| 1789 | „ „ | „ | 10 | u. s. w. regelmäßig jährlich beobachtet. | | | |
| 1798 | „ „ | „ | 10 | | | | |
| 1799 | „ „ | „ | 10 | | | | |

Bei diesem Strom scheint eine Intensitätsperiode von 100—110 Jahren vorhanden zu sein.

In der Folgezeit ist begreiflicherweise dieser Periodizität erhöhte Aufmerksamkeit zugewandt worden und dadurch hat sich gefunden, daß noch manche andere Zeiten des Jahres durch reichere Fälle ausgezeichnet sind. So z. B. die Nächte vom 2.—3. Januar, um den 20. April, 18.—20. Oktober, 6.—8. Dezember. Letztere Epoche ist schon ziemlich lange bekannt und von Quetelet und Herrick erkannt worden. Sie scheint ebenfalls nicht gleichmäßig lebhaft in jedem Jahre aufzutreten. Im Jahre 1798 zählte z. B. Brandes in der Nacht vom 6. zum 7. Dezember an 2000 Sternschnuppen, also war dies jedenfalls ein glänzender Fall. Herrick sah 1838 in der Nacht vom 7. zum 8. Dezember

eine ganz ungewöhnliche Zahl, zwei Beobachter zählten in 2 Stunden 160 Sternschnuppen und ähnliches berichtet Flaugergues aus Toulon.

### 15) Radiationspunkt der Sternschnuppen. Tägliche, jährliche azimuthale Variation der Sternschnuppen.

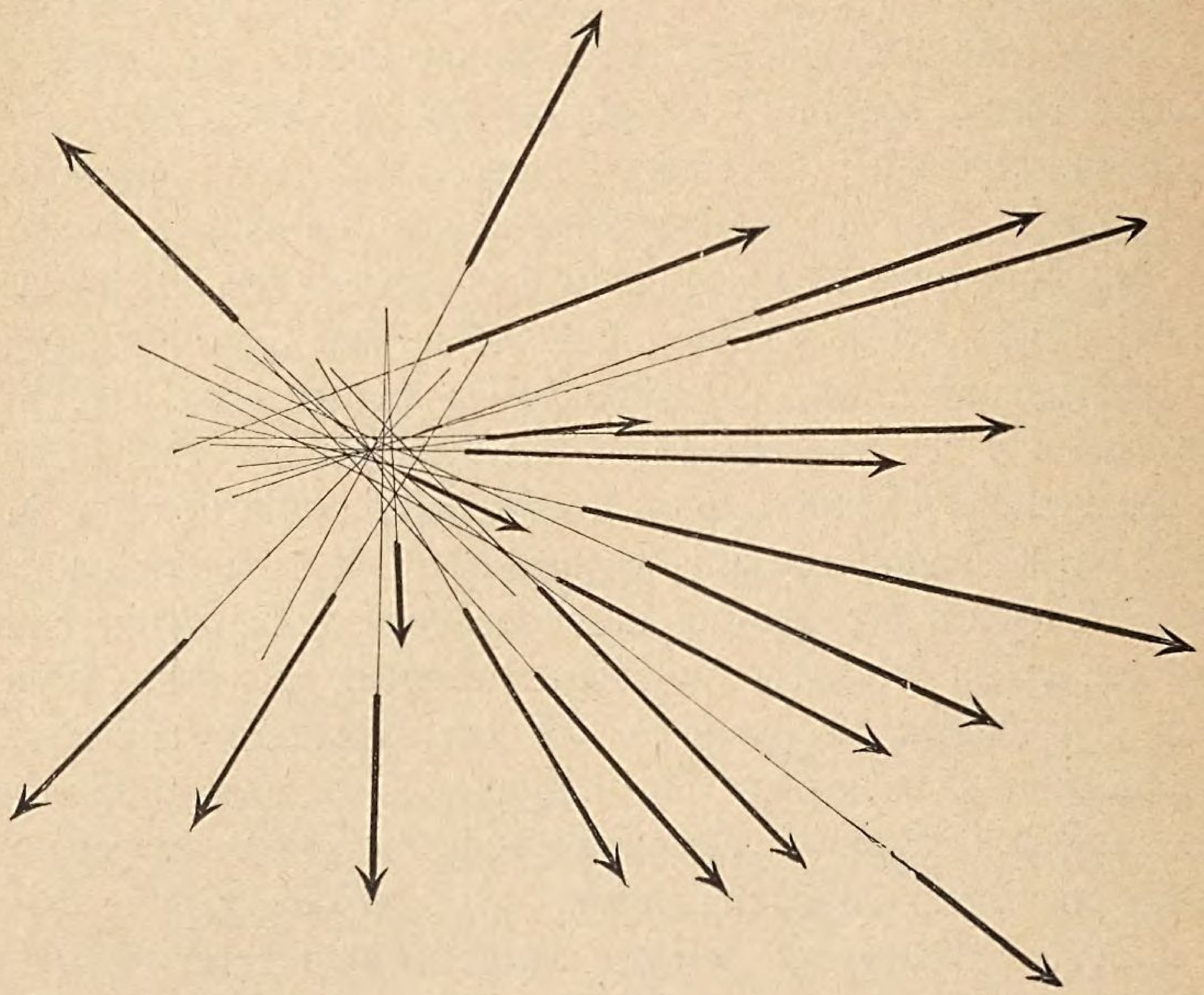
Wie schon bei dem Novemberphänomen vorübergehend erwähnt wurde, zeigten die Sternschnuppen dieser Periode alle denselben Ausgangspunkt am Himmel. Und diese Eigentümlichkeit zeigen alle periodischen Sternschnuppenschauer, sie bekunden dadurch ebenso wie durch die gleiche Zeit der Wiederkehr ihre Zusammengehörigkeit zu einer Gruppe. Ja, es ist gelungen, nachzuweisen, daß alle Sternschnuppen sich in Gruppen, bezüglich des Radiations-Ausgangspunktes gliedern lassen, so daß die Unterscheidung der sporadischen und periodischen Sternschnuppen neuerdings nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Es ist nur natürlich bei den vereinzelten Meteoren, die wir allnächtlich in den verschiedensten Gegenden des Himmels erblicken, oft nicht leicht diesen Radiationspunkt festzulegen. Selbst bei den reicheren Fällen wird der Neuling in diesen Beobachtungen oft nicht auf den ersten Blick die Zusammengehörigkeit erkennen. Man muß in Gedanken die Flugbahn der Sternschnuppen rückwärts verlängern und dann zeigt sich bald, wie die oft ganz auseinander laufenden einzelnen Körperchen doch auf einen Ausgangspunkt, den Radiationspunkt, treffen. Vgl. die Fig 57.

So hat sich gezeigt, daß der Radiationspunkt der Novembermeteore (13. November) im Sternbilde des großen Löwen liegt und zwar in dem Punkt, wo sich die Diagonalen des von den Sternen $\varepsilon$, $\gamma$, $\zeta$, $\mu$ Leonis gebildeten Vierecks schneiden. Man nennt daher auch diesen Schwarm Leoniden.

Die Augustmeteore gehen von einem in der Nähe des Sterns $\eta$ Persei gelegenen Punkte aus und heißen Perseiden. Da es gerade für viele Leser Interesse haben wird, die Sternschnuppen nach ihrer Zugehörigkeit verfolgen zu können, d. h.

namentlich bei häufigen Fällen angeben zu können, zu welchem Schwarm die einzelnen Glieder zu rechnen sind, so möge in einer am Schluß des Buches folgenden Tabelle eine Übersicht der mit genügender Schärfe bekannten Radiationspunkte gegeben werden. In der einen Kolumne ist zugleich die Zeit angegeben, wann die betreffende Gruppe am häufigsten zu beobachten ist.

Fig. ~~57~~. 56.



Sternschnuppen und ihr Radiationspunkt.

Man wird also auch aus dieser Tabelle entnehmen können, auf welche Gegenden des Himmels in den verschiedenen Zeiten des Jahres die Aufmerksamkeit vorzugsweise zu richten ist, wenn man mit einiger Wahrscheinlichkeit Sternschnuppen will fallen sehen. Die Lage des Radiationspunktes ist hier nach Rektascension und Deklination gegeben, Größen, deren Bedeutung

aus den anderen astronomischen Teilen dieser Sammlung bekannt sein dürfte; außerdem sind aber die nächstliegenden helleren Sterne des Sternbildes angeführt, deren Kenntnis hier ebenfalls vorausgesetzt werden darf. Im ganzen sind solcher Radianten jetzt über 200 mit mehr oder minder größerer Sicherheit bekannt und namentlich sind es Heis, Greg, A. Herschel, Schmidt, Zezioli u. a., die sich bemüht haben, alle Sternschnuppen auf gewisse Systeme zurückzuführen. Es hat nun fast den Anschein, als ob sich wieder verschiedene dieser Gruppen zu größeren Systemen werden vereinigen lassen, indem z. B. dem Augustphänomen zugehörige Gruppen vorauszugehen scheinen. Die Leoniden sind dagegen als ganz isolierter Schwarm anzusehen.

Sehen wir von diesen jährlichen Perioden, die dem betreffenden Schwarm eigen sind, ab, so haben sich noch in anderer Richtung ungleiche Häufigkeiten in den Sternschnuppenerscheinungen ergeben, und zwar haben wir hier die sogenannte tägliche, jährliche und azimuthale Variation zu besprechen.

Die erste, die tägliche, von anderen die stündliche Variation genannt, ist bereits 1838 von Herrick erwähnt, aber erst von Coulvier-Gravier genauer bekannt gemacht, später dann namentlich auch von Schmidt, Heis u. a. diskutiert worden. Sie besteht darin, daß in den verschiedenen Stunden des Tages oder vielmehr der Nacht, die Häufigkeit eine r e g e l m ä ß i g verschiedene ist. Es hat sich im Mittel aus einer großen Anzahl Beobachtungen ergeben, daß in der Zeit von

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5— 6[h]*) | nach Coulvier-Gravier | 7.2 | nach Schmidt | 4.2 |
| 6— 7 | | 6.5 | | 5.3 |
| 7— 8 | | 7.0 | | 5.7 |
| 8— 9 | | 6.3 | | 6.7 |
| 9 —10 | | 7.9 | | 7.9 |

*) Anmerkung: Die Zeiten sind astronomisch gezählt, so daß die Stunden vor 12 den Abendstunden, die nach 12, wenn man 12 von ihnen abzieht, unsern bürgerlichen Nachtstunden entsprechen.

| | | |
|---|---|---|
| 10—11 nach Coulvier-Gravier | 8.0 nach Schmidt | 9.5 |
| 11—12 | 9.5 | 11.6 |
| 12—13 | 10.7 | 14.1 |
| 13—14 | 13.1 | 16.3 |
| 14—15 | 16.8 | 17.9 |
| 15—16 | 15.6 | 18.2 |
| 16—17 | 13.8 | 18.7 |
| 17—18 | 13.7 | 14.9 |
| 18—19 | 13.0 | |

Sternschnuppen gesehen werden. Man erkennt aus den beiden nebeneinander stehenden Reihen, daß zwar an einigen Stellen die absoluten Zahlenwerte nicht unerheblich voneinander abweichen, aber der Gang ist doch derselbe, indem die größte Zahl der Sternschnuppen mit vollkommener Sicherheit in den Morgenstunden von 2—5 gesehen werden kann, und zwar steigt die Zahl zwischen dem Maximum und Minimum (in den frühen Abendstunden) bei ersterem Beobachter um fast das dreifache, bei Schmidt sogar um das vierfache.

Die jährliche Variation, wonach in den verschiedenen Monaten ein regelmäßiges Steigen oder Fallen in der Häufigkeit der Meteore stattfindet, ist zuerst von Brandes 1823 in der Weise ausgesprochen worden, daß die Zahl der Sternschnuppen im Herbst größer als im Frühjahr sei. Auch diese Behauptung ist in der Folge von Coulvier-Gravier und dann von Schmidt, Wolf u. a. bestätigt worden. Wenn man aus dem Gesamtmaterial der Sternschnuppenbeobachtung für jeden Monat stündliche Mittelwerte ableitet, so erhält man folgende Übersicht, und zwar nach

| | Coulvier-Gravier aus 4 Jahren | Wolf aus 12 Jahren | Schmidt aus 27 Jahren |
|---|---|---|---|
| Januar | 3.6 | 5.5 | 13.1 |
| Februar | 3.6 | 5.4 | 6.4 |
| März | 2.7 | 5.2 | 10.7 |
| April | 3.7 | 4.6 | 11.6 |

| | Coulvier-Gravier aus 4 Jahren | Wolf aus 12 Jahren | Schmidt aus 27 Jahren |
|---|---|---|---|
| Mai | 3.8 | 4.1 | 8.7 |
| Juni | 3.2 | 5.4 | 9.4 |
| Juli | 7.0 | 9.8 | 18.3 |
| August | 8.5 | 12.9 | 25.0 |
| September | 6.8 | 7.4 | 11.8 |
| Oktober | 9.1 | 6.4 | 18.1 |
| November | 9.5 | 5.0 | 16.6 |
| Dezember | 7.2 | 4.1 | 18.0 |

Es treten auch hier in den einzelnen Reihen beträchtliche Unterschiede auf, sowohl was den absoluten Betrag, als auch stellenweise den relativen betrifft. Indessen liegt die Ursache für die Verdunklung der wirklichen Zunahme zum großen Teil in dem stark hervortretenden Augustphänomen und einzelnen anderen weniger auffälligen, aber immerhin doch vorhandenen Strömen. Scheiden wir die Zahlen in der Weise, daß wir nur zwei Abteilungen bilden, d. h. alle Beobachtungen in zwei Halbjahre trennen, und bezeichnen wir dann mit 1.00 die jährliche Anzahl der Meteore, so findet sich darnach, also in Prozenten, die Häufigkeit für das

| | erste Semester | zweite Semester |
|---|---|---|
| nach Coulvier-Gravier | 0.30 | 0.70 |
| Wolf | 0.40 | 0.60 |
| Schmidt | 0.36 | 0.64 |

Hiernach ist also diese jährliche Schwankung vollkommen unzweifelhaft.

Endlich die dritte nicht minder auffallende und, wie sich zeigen wird, für die Erklärung des Ursprungs der Sternschnuppen gleichwichtige azimuthale Variation. Sie ist ebenfalls von Brandes 1823 erkannt und besteht darin, daß die Häufigkeit der Meteore in deutlich erkennbarem Zusammenhang mit den Kardinalpunkten des Horizonts steht. Die späteren Untersuchungen der oft genannten Forscher Coulvier-Gravier und Schmidt haben

aus einem sehr großen Material ergeben, daß (im Mittel) Meteore kommen aus:

| | | |
|---|---|---|
| N-NNO | 107 | 235 |
| NNO-NO | 128 | |
| NO-ONO | 118 | 248 |
| ONO-O | 130 | |
| O-OSO | 163 | 287 |
| OSO-SO | 124 | |
| SO-SSO | 134 | 247 |
| SSO-S | 113 | |
| S-SSW | 89 | 137 |
| SSW-SW | 48 | |
| SW-WSW | 40 | 80 |
| WSW-W | 40 | |
| W-WNW | 47 | 87 |
| WNW-NW | 40 | |
| NW-NNW | 50 | 141 |
| NNW-N | 91 | |

Bei weitem die Mehrzahl der Meteore kommen also aus den östlichen Himmelsgegenden, die wenigsten aus West, die mittlere Häufigkeit zeigten Nord und Süd.

### 16. Ursprung der Sternschnuppen.

Nachdem in den vorigen Blättern zusammengestellt ist, welche Erscheinungen wir an den Sternschnuppen beobachten, haben wir nun nach dem Ursprung derselben zu fragen und die Erklärungen für gewisse eigentümliche Wahrnehmungen zu geben. Im Vorbeigehen ist wohl manchmal der kosmische Ursprung der Sternschnuppen betont worden, es hat aber lange Zeiten gedauert, bis es wirklich gelungen ist, unzweifelhaft diese Frage in jenem Sinne zu lösen. Freilich die Poesie, die Sage ist längst abgestreift, und wenn unsere Kinder

„Weißt Du, was es will bedeuten,
Wenn ein Stern vom Himmel fällt“ u. s. w.

lernen oder in Litthauen erzählt wird, daß die Spinnerin Werpeja den Lebensfaden eines jeden neugeborenen Kindes spinnt und daß jeder Faden in einem Stern endigt, daß derselbe bricht, wenn der Stern herabfällt und mit seinem Erlöschen auch das Leben des Kindes erlischt — und dgl. m., so freut sich unser Gemüt wohl des tieferen Sinns, welcher sich bestrebt, das Menschlich-Vergängliche mit dem Göttlich-Ewigen durch ein sichtbares Band zu verbinden, aber der kältere Verstand will andere Erklärungen, er weiß auch, daß sich vom natürlichen zum übernatürlichen keine greifbare Brücke schlagen läßt.

Die griechischen Philosophen hielten die Sternschnuppen für atmosphärische Erzeugnisse, für Anzeichen des Windes und merkwürdigerweise werden wir diese Ansicht noch bis in unsere jüngst vergangenen Zeiten in gewissem Grade verfochten finden. Von Aristoteles, Theophrast, Aratus lassen sich verschiedene Stellen als Beleg anführen. Letzterer z. B. sagt in seinen „Wetterzeichen“:

„Wenn durch düstere Nacht auch funkelnde Stern' hinschießen,
Häufigen Flugs, und hinten ein schimmernder Streif lang nachzieht;
Sei Du gefaßt, daß jenen desselbigen Wegs herannahen
Kühlungen. Doch wenn dagegen noch andere Stern' hinschießen
Und noch andere, aus anderem Bezirk, dann hüte Dich sorgsam
Vor allseitigen Winden, die ganz unentschiedenen Laufes,
Und unentscheidbar weh'n für sterblicher Menschen Bemerkung.“
u. s. w.

Auch Plinius betrachtet die Sternschnuppen, wenn sie zahlreich erscheinen, als sichere Anzeichen des Windes.

Selbstverständlich haben alle diese Äußerungen der bedeutenden Männer des Altertums keinen größeren Wert, als so viele aus jener Zeit datierende Hypothesen über die kosmischen Erscheinungen und ihr Wesen. Indessen hat sich die Ansicht, daß die Sternschnuppen in gewissem Zusammenhang mit der Witterung stehen, daß sie atmosphärischen, nicht kosmischen Ursprungs sind, doch bis fast in unsere Zeit erhalten und sie ist selbst von hervorragenden Forschern lebhaft vertreten worden. Es muß

hier namentlich Coulvier-Gravier erwähnt werden. Wenn wir allerdings die zuletzt besprochenen Variationen in der Häufigkeit der Sternschnuppen, die tägliche, jährliche Variation in Betracht ziehen, so liegt es nicht fern, dieselben in Parallele zu bringen mit den täglichen, jährlichen Variationen, welche wir in den meteorologischen Vorgängen, dem Barometer-Thermometerstand u. s. w. beobachten, ja nicht minder ist dies bei der azimuthalen Variation der Fall, wenn man die in den verschiedenen Jahreszeiten vorherrschenden Winde damit in Verbindung bringt. Die meteorologische Theorie Graviers stellte die Sternschnuppen als Vorherverkündiger der atmosphärischen Bewegungen dar, die Richtung der größten Menge, die Resultante, wie Gravier sagte, bildete das Hauptkriterium für die Wetterprophezeihungen. Wie sich in jener Zeit die Ansicht festsetzte, daß den Sternschnuppen schwerlich der kosmische Ursprung zuerkannt werden könne, geht aus wenigen Worten Humboldts hervor, der im Kosmos schreibt: „Es ist schwer, die Ursache einer solchen stündlichen Variation, einen Einfluß des Abstandes von dem Mittnachtspunkt zu erraten. Wenn unter verschiedenen Meridianen die Sternschnuppen erst in einer bestimmten Frühstunde vorzugsweise sichtbar werden, so müßte man bei einem kosmischen Ursprunge annehmen, was doch wenig wahrscheinlich ist, daß diese Nacht- oder vielmehr Frühmorgenstunden vorzüglich zur Entzündung der Sternschnuppen geeignet seien, während in anderen Nachtstunden mehr Sternschnuppen vor Mitternacht unsichtbar vorüberziehen."

Indessen hat es entgegen solchen die atmosphärische Natur der Meteore vertretenden Ansichten auch schon in früherer Zeit nicht an Vorkämpfern für die kosmische Natur gefehlt. Schon bei Halley finden sich Bemerkungen, wonach er anzunehmen geneigt war, daß eine Anhäufung von Materie im äthergefüllten Raum existieren müsse, die sich vielleicht durch irgend ein zufälliges Zusammentreffen der Atome gebildet habe und daß die Erde in ihrer Bahn auf diese Anhäufung treffe, daß hierdurch

für uns das Schauspiel eines Sternschnuppenfalls entstände u. dgl. m. Freilich entbehrten solche Behauptungen noch der Begründung, wie sie nötig gewesen wäre, wenn sie nicht verloren gehen sollten. Von hervorragender Bedeutung wurden aber die Arbeiten Chladnis, von denen die erste 1794 unter dem Titel „Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und ähnlichen anderen Eisenmassen" erschien, die wichtigste jedoch erst 1819 „über Feuermeteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen" publiziert wurde. Zunächst geht Chladni, wie schon der Titel sagt, auf die Meteorite, die Feuerkugeln ein, indessen behauptet er später den Zusammenhang mit den Sternschnuppen. Er meint, daß sich dieselben nur dadurch voneinander unterscheiden, daß die rasche diesen Körpern eigentümliche Bewegung die Sternschnuppen soweit von der Erde vorbeiführt, daß ihre Anziehungskraft nicht auf sie zu wirken vermag; sie durcheilen daher nur die obersten Regionen der Atmosphäre, zeigen sich entweder als eine elektrische momentane Erscheinung oder entzünden sich in Wirklichkeit, jedoch nur für wenige Momente, da die Feinheit der Luft nicht die fortgesetzte Verbrennung gestattet, wenn sie sich wieder weiter von der Erde entfernen. Im weiteren spricht Chladni sich über das Wesen der Erscheinungen dahin aus, daß im Raum außer den uns bekannten Himmelskörpern noch eine Menge außerordentlich kleiner Massen bestehen muß. Diese Massen, die uns als Feuermeteore sichtbar werden, können nun möglicherweise selbständige Anhäufungen von Materie sein, oder auch das Zerstörungsprodukt eines früher existierenden Himmelskörpers, der erstere Fall ist der wahrscheinlichere. Diese zerstreuten Massen können nun wiederum Anhäufungen primitiver kosmischer Materie sein, aus welcher sich auch die großen Gestirne des Weltalls gebildet haben. Viele der für unauflöslich gehaltenen Nebelflecke wären nichts anderes als Teile dieser äußerst dünnen Materie, die weithin in ungeheuren Räumen zerstreut ist. Von diesen Nebelflecken würden sich nach Chladni die Kometen nur durch die Kleinheit ihres Volumens,

vielleicht durch größere Dichtigkeit unterscheiden; auch die uns als Sternschnuppe, Meteorit sichtbar werdenden Phänomene scheinen sich nicht wesentlich von den Kometen zu unterscheiden. — Diese sind die wesentlichsten Punkte aus den Chladnischen Theorien. Wir werden nun bald sehen, daß er in dem von ihm ausgesprochenen Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen als der wahre Vorläufer der modernen Anschauung zu betrachten ist.

Es ist wunderbar, daß nachdem so richtige Ansichten von Chladni ausgesprochen und durch die von ihm gesammelten Beobachtungen begründet worden waren, doch die früheren Irrtümer aufs neue Terrain gewannen. Allerdings waren es gerade, wie erwähnt, die Variationen in der Erscheinung, die unleugbar bestanden, und auf die man ja erst in der Folge aufmerksam wurde, welche den Anhängern der kosmischen Theorie Schwierigkeiten bereiteten. Man kann sagen, daß sich bei einigen Astronomen gleichsam instinktiv die Ansicht erhielt, die atmosphärische Theorie, wenn sie auch noch so viele Momente zu ihren Gunsten anzuführen vermochte, sei doch die falsche. So finden wir in den Vorlesungen von Brandes folgende Sätze: „Außer dem aus dem Attraktionsgesetz hergenommenen Beweise giebt es noch zwei Erscheinungen, die die Bewegung der Erde geradezu beweisen. Die eine ist die Aberration des Lichts . . . Die zweite, die freilich noch erst genauer beobachtet werden muß, ist die scheinbare Bewegung der Sternschnuppen. Ich darf zwar dieser Erscheinung, da sie bis jetzt bloß aus einer kleinen Reihe von Beobachtungen bekannt und aus diesen von mir hergeleitet worden ist, noch kein ganz entschiedenes Gewicht geben; aber ich zweifle nicht, daß künftige Beobachtungen sie bestätigen werden. Wenn man nämlich jene flüchtigen Lichterscheinungen, die unter dem Namen der Sternschnuppen bekannt sind, von mehreren Orten aus beobachtet, um zu bestimmen, wo dann der Punkt liegt, in welchem sie entstanden und verschwinden, so findet man zwar, daß die Richtung ihrer Bahnen sehr mannigfaltig ist,

aber dennoch herrscht diejenige Richtung vor, welche der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgegengesetzt ist. Wären nun diese leuchtenden Erscheinungen Gegenstände, die an sich völlig ruhend im Weltraum schwebten, so müßten sie den Bewohnern der unter ihnen hin mit großer Geschwindigkeit fortbewegten Erde als hinter ihr zurückbleibend, oder als in der entgegengesetzten Richtung fortrückend sich zeigen. Solche ganz still stehende Massen sind sie nun zwar nicht, sondern sie scheinen eine mannigfaltige eigene Bewegung zu haben; aber darnach läßt sich übersehen, daß jenes Zurückbleiben hinter der an ihr vorübereilenden Erde immer merklich bleiben muß. Und umgekehrt, da die Beobachtungen zeigen, daß der bei weitem größte Teil dieser Erscheinungen eine solche Bewegung über der Oberfläche der Erde hin hat, die der Richtung entgegengesetzt ist, welche wir als Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn ansahen, so geben diese Erscheinungen einen neuen und unerwarteten Beweis für die wahre Bewegung der Erde."

Nachdem die periodischen Sternschnuppenfälle bekannt, und ihre Existenz unzweifelhaft nachgewiesen worden war, verlor die Coulvier-Graviersche Theorie doch mehr und mehr den Boden. Zunächst drängt die Periodizität zu der Annahme, daß Anhäufungen dünner meteorischer Materie existierten, welche in einer Periode von einem halben oder ganzen Jahr in regelmäßigen Bahnen sich um die Sonne bewegten, und daß die Erde an einem bestimmten Punkt ihrer Bahn mit diesen Anhäufungen zusammen stieße. Als nun aber die Zahl der periodisch wiederkehrenden Schwärme sich mehrte, wäre man nach dieser Annahme zu der weiteren genötigt worden, daß ebenso viele sich in gleichen Bahnen und gleichen Zeiten um die Sonne bewegten. Diese Gleichförmigkeit war an sich nicht sehr wahrscheinlich, aber ferner ließ sich mit Sicherheit schließen, daß solche Anhäufungen so feiner Materie, als welche man ja die Sternschnuppen annehmen mußte, nicht lange ihre Vereinigung beibehalten konnten, sie mußten durch die anziehende Wirkung der Planeten, ja der

Sonne selbst auseinandergerissen, verteilt werden. Man wurde so von selbst zu dem Schluß geführt, daß die Sonne von Ringen umgeben ist, welche mit meteorischer Materie mehr oder minder gleichmäßig angefüllt sind. Wenn nun die Erde in ihrer Bahn einen solchen Ring durchschneidet, so wird sie regelmäßig zu derselben Zeit des Jahres einen Sternschnuppenregen erhalten, und es werden die Sternschnuppen, welche zu einem solchen Ringe gehören, alle mit nahe gleicher Geschwindigkeit und zwar auch in paralleler Richtung auf sie herabfallen. Die Bahnen der Sternschnuppen werden dabei von einem bestimmten Punkt der Himmelskugel auszugehen scheinen, der der Radiationspunkt ist und welcher für jeden solchen Ring charakteristisch ist. Man braucht also hiernach eine willkürliche Annahme über Umlaufszeit des Ringes nicht zu machen. Nun läßt sich ferner unter gewissen Annahmen über die Geschwindigkeit der Körper und in Verbindung mit der bekannten Bewegung der Erde, der beobachteten Radiation, auch die Bahn eines solchen Schwarmes, Ringes berechnen.

Erman hat zuerst im Jahre 1839 für den Perseidenring gefunden, daß er gegen die Erdbahn etwa 56° geneigt sein müsse, zu genaueren und vollständigeren Berechnungen fehlten ihm damals noch die nötigen Grundlagen.

Es ist nun von Wichtigkeit zu sehen, worin die Ursache für jene Variationen in der Erscheinung der Meteore liegt, wenn wir ihren Ursprung in die kosmischen Räume verlegen wollen. Natürlich müssen die Bewegungen der Erde auf die Sternschnuppenphänomene, mögen sich die einzelnen Glieder bewegen, wie sie wollen, von Einfluß sein. Wir haben ja in den sichtbaren Bewegungen der Sternschnuppen nicht die absoluten, sondern die relativen gegen die Erde. Den Punkt im Raume, auf welchen hin sich die Erde bewegt, nennt Schiaparelli den Apex der Erdbewegung, den Punkt, welcher diesem gerade gegenüber liegt, den Antiapex, und es muß sich bei der kosmischen

Annahme aus der Gesamtheit der Sternschnuppenphänomene eine Abhängigkeit von der Lage dieses Punktes zum Horizont des Beobachters ergeben. Der Apex ist fortwährend veränderlich, er nimmt an der täglichen Bewegung teil, verändert also im Laufe des Tages unausgesetzt Höhe und Azimuth; er durchläuft aber außerdem in einem Jahre die ganze Ekliptik und aus dieser zweiten Bewegung entsteht eine jährliche Variation seiner Richtung für eine gegebene Stunde des Tages. Je höher der Apex über dem Horizont steht, desto größer muß auch unter sonst gleichen Umständen die Menge der in einem bestimmten Zeitraum gezählten Meteore sein. Daher werden wir in denjenigen Stunden die meisten Sternschnuppen zu erwarten haben, in denen der Apex zur oberen Kulmination gelangt und außerdem in den Jahreszeiten, in denen der Apex den Meridian des Nachts in größtmöglicher Höhe über dem Horizont passiert. Endlich werden auch mehr Sternschnuppen von derjenigen Seite des Horizontes herzukommen scheinen, welche sich zur Zeit der Beobachtung dem Apex am nächsten befindet. Hiernach muß eine stündliche, jährliche azimuthale Variation erwartet werden und es fragt sich nur, ob diese sich mit den beobachteten Variationen decken.

Schiaparelli vergleicht den Apex mit der Sonne, die Stellung der Sonne zum Horizont bedingt die uns gebotene Licht- und Wärmemenge, ebenso die des Apex die Menge der Sternschnuppen, indem man ihn als den Hauptmittelpunkt der Ausstrahlung der Sternschnuppen ansehen kann. So läßt sich der Aufgang des Apex als der meteorische Morgen, seine Kulmination als meteorischer Mittag u. s. w. bezeichnen.

Stellen wir uns nun an der Himmelskugel die Ebene der Ekliptik und die des Äquators vor, welche, wie wir wissen, um 23½ Grad gegen einander geneigt sind, die Höhe des Äquators über dem Horizont ist ja für die verschiedenen Zonen der Erde verschieden, bleibt aber unverändert, die der Ekliptik ändert sich im Laufe eines Jahres um 47 Grad. In letzterer bewegt sich

scheinbar die Sonne und wir erblicken sie daher in verschiedenen Jahreszeiten auch in verschiedenen Höhen, hierbei immer die Zeit des Meridiandurchganges als Beobachtungsmoment vorausgesetzt; denn da sich infolge der täglichen Drehung der Erde die Höhe der Gestirne ändert, so müssen wir zur Erkennung der jährlichen Höhenänderung immer die Punkte am Himmel in Betracht ziehen, in denen sich die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination befindet. Da nun der Apex als der Punkt bezeichnet wurde, auf welchen die Erdbewegung gerichtet ist, so liegt er in der Tangente, welche in jedem Punkt an der Erdbahn gezogen werden kann, also auch stets in der Ebene der Ekliptik und er durchläuft im Laufe des Jahres die Ekliptik vollständig. Die Distanz des Apex von der Sonne muß daher immer (abgesehen von kleinen hier nicht in Betracht kommenden Schwankungen) 90 Grad betragen. Die größte Deklination wird der Apex, die meteorische Sonne, zur Zeit unseres Herbstäquinoktiums, die niedrigste Deklination zur Zeit unseres Frühjahrsäquinoktiums haben. In den beiden Solstizien wird dagegen die Deklination des Apex null sein. Verfolgen wir hiernach die Bewegung des Apex in der Ekliptik weiter, so ergiebt sich mit Notwendigkeit, daß er sich vom Sommersolstiz bis zum Wintersolstiz in nördlichen Parallelen befindet, in größerer Höhe, als die Punkte des Äquators kulminieren muß, im Gegensatz hierzu wird er sich in der anderen Hälfte des Jahres, vom Wintersolstiz bis zum Sommersolstiz in südlichen Deklinationen bewegen, also in geringeren Höhen, als die Punkte des Äquators kulminieren. Die Folge hiervon ist, daß uns in der ersten Jahreshälfte weniger Meteore sichtbar werden müssen, als in der zweiten Hälfte, und vergleichen wir diese Folgerung mit den Resultaten der Beobachtung, die vorher erwähnt worden sind, so finden wir inbetreff der jährlichen Variation volle Übereinstimmung.

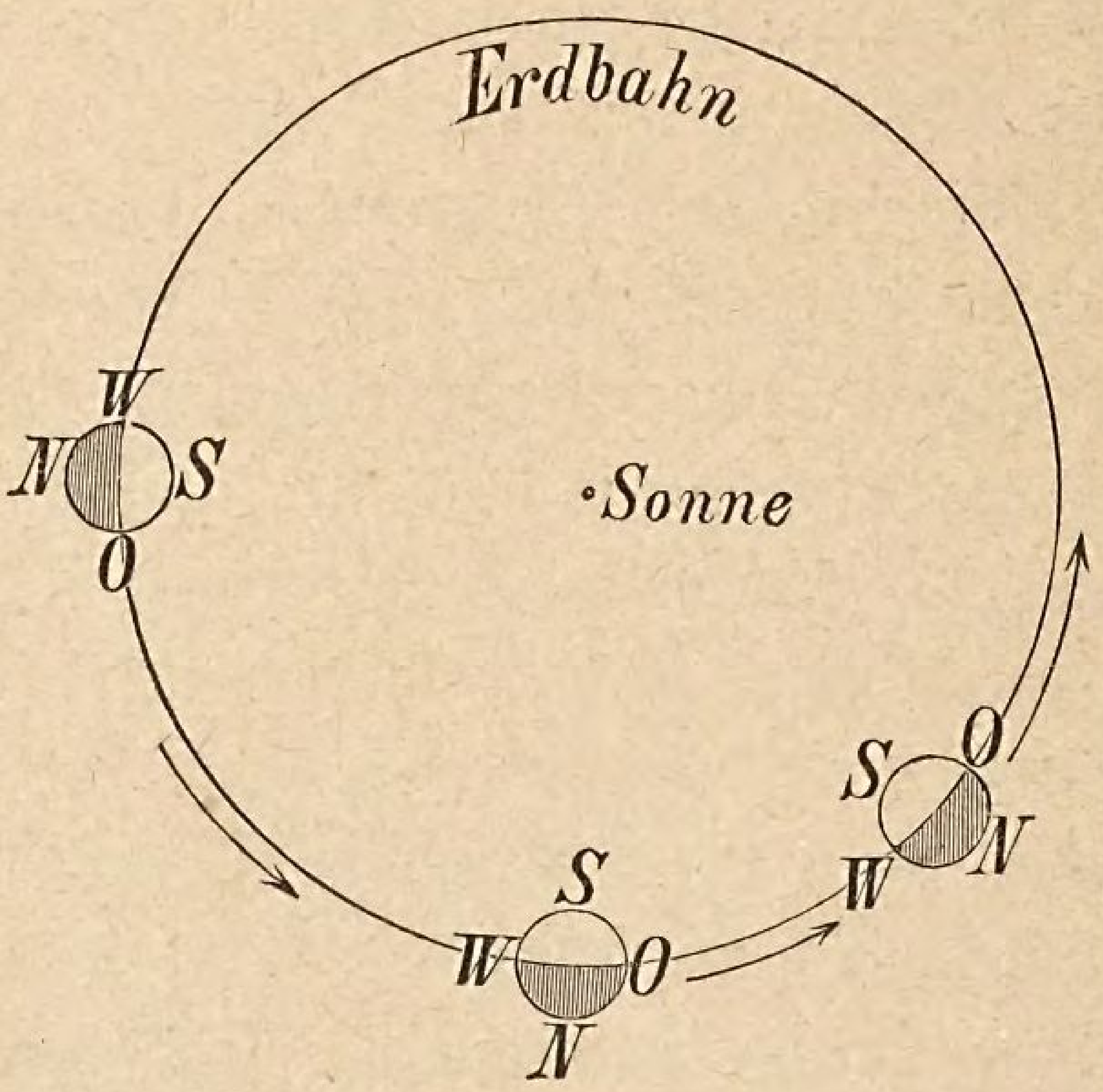
Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe bewirkt, daß die Kulmination der meteorischen Sonne der der mittleren Sonne um 6 Stunden voraufgeht. Es wird sich nämlich ebenso wie

bei der jährlichen Bewegung der Erde in Länge, hier in Rektascension zwischen der meteorischen und wahren Sonne ein Unterschied von 90 Grad ergeben, allerdings steigen hier die Abweichungen auf einen höheren Betrag als dort, aber immerhin erreichen sie auch hier nur wenige Grade und können bei dieser Betrachtung vernachlässigt werden. Es findet also die obere Kulmination des Apex um 6 Uhr vormittags statt, die untere um 6 Uhr abends, der Aufgang um Mitternacht, der Untergang um Mittag. Wir können uns diese Thatsache auch in anderer Weise mit Hilfe einer Figur zu erklären versuchen. Stelle der Kreis Fig. 57 die Erdbahn vor, im Zentrum derselben sei S die Sonne, die kleineren in der Peripherie gezogenen und an der äußeren Seite schattierten Kreise die Erde in verschiedenen Stellungen ihrer Bahn. Wenn nun ein Ort der Erdoberfläche Mittag hat, so ist er der Sonne zugekehrt, so in der Figur der Punkt S', der gegenüberliegende N hat dagegen Mitternacht, dazwischen liegen die Punkte O, W, welche morgens und abends 6 Uhr haben, und zwar liegt letzterer nach der Seite der Erdbahn, von welcher die Erde herkommt, der andere in der Richtung des Apex. Denken wir uns die Erde in ihrer Bewegung um die Sonne als ein in Bewegung befindliches Fahrzeug, so befinden wir uns morgens auf der vorderen, abends auf der hinteren Seite desselben, und wenn wir den Weltraum mit anderen Körpern angefüllt annehmen, so ist unter sonst gleichen Verhältnissen die Wahrscheinlichkeit für ein Zusammentreffen mit denselben größer, wenn wir uns auf der vorderen Seite als auf der hinteren befinden. Hiernach müßte in den frühen Morgenstunden (um 6 Uhr herum) die größte Menge der Meteore sichtbar sein und wenn wir auf die mitgeteilten Beobachtungen zurückblicken, so finden wir auch hier wieder volle Übereinstimmung.

Es folgt aber weiter, daß das meteorische Phänomen sich über alle Stunden des astronomischen Tages (des Zeitraums von 24 Stunden) ausdehnt, und zwar in der Weise, daß den Mit-

tags- und Mitternachtszeiten die mittlere Menge entspricht, während abends 6 Uhr das Minimum stattfinden müßte. Natürlich können wir aber nur die dunkeln Stunden in Betracht ziehen, da in den Dämmerungs- oder gar Tagesstunden nur wenige Meteore sichtbar werden. So stehen auch für die ausgedehntere Vergleichung die Sommermonate der Winterzeit nach; während wir in letzteren die Vorgänge in beiden Kulminationen beobach-

Fig. 57.




Apex der Erdbahn.

ten können, entziehen sich im Sommer diese Momente ganz der Wahrnehmung.

Es bleibt nun noch die Frage zu beantworten, welchen Einfluß haben die Bewegungen der Erde auf die Lage des Apex im azimuthalen Sinne. Dieselbe entscheidet sich von selbst durch die eben besprochene tägliche Variation. Wenn die meteorische Sonne um 6 Uhr morgens durch den Meridian in oberer, um 6 Uhr abends in unterer Kulmination geht, so befindet sie sich in der Zwischenzeit auf der westlichen Seite des Meridians, dagegen von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens auf der östlichen. Letztere Stunden sind aber die Nachtstunden, welche unserer Be-

obachtung günstig sind, erstere die hellen Tagesstunden, wir müssen daher auch vorzugsweise die Meteore aus östlichen Azimuthen kommen sehen, und wenn wir zu allen Zeiten des Tages in gleicher Weise beobachten könnten, so würde sich eine Ausgleichung ergeben, oder wenn wir dann die Beobachtungen von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends von den anderen trennen wollten, so würden diese ein Vorherrschen der westlichen Richtungen anzeigen. Auch hier finden wir mit den Resultaten der Zählung eine so vollkommene Harmonie, daß in der That hiernach die drei Variationen, welche ehedem eine so schwere Klippe für die Erklärung des meteorischen Phänomens bildeten, nunmehr, wenn man sie richtig deutet, die festeste Stütze für die kosmische Theorie geworden sind.

Die Beobachtungen der Häufigkeit der Sternschnuppen haben aber noch zu weiteren, sehr wichtigen Folgerungen geführt. Es hat sich aus denselben die Geschwindigkeit der Sternschnuppen berechnen lassen. Schiaparelli benutzte hierzu die Angaben über die tägliche Variation. Zunächst mag es wohl auffallend erscheinen, wie es möglich geworden ist, aus der Zahl der in verschiedenen Nachtstunden fallenden Sternschnuppen ihre kosmische Geschwindigkeit zu berechnen. Indessen ist der Gang der Untersuchung ein sehr einfacher. Denken wir uns, daß die Erde unbeweglich inmitten einer Wolke von Projektilen stände, die von allen Seiten auf sie zustürzen, so müssen dann alle Teile der Erdoberfläche ganz gleichmäßig getroffen werden, und hierin wird auch die Drehung der Erde um ihre Axe keine Veränderung hervorbringen können. Wenn wir andererseits annehmen, daß die Erde mit so rapider Geschwindigkeit den Raum durcheilte, daß im Vergleich zu dieser die Bewegungen der Sternschnuppen als verschwindend anzusehen wären, so würde die Erde nur auf der vorderen Fläche getroffen werden können, hinter sich aber einen Raum absoluter Leere lassen müssen, sie würde einer Kanonenkugel zu vergleichen sein, die durch einen Mückenschwarm hindurchgeschossen würde und auch in demselben einen leeren Zylinder

bilden müßte. Im ersten Falle könnten wir in der Anzahl der fallenden Meteore im Laufe des Tages eine Veränderlichkeit regelmäßiger Natur nicht bemerken, im letzteren würden Sternschnuppen nur in der Richtung des Apex wahrzunehmen sein. In Wahrheit treten beide Fälle nicht ein, die Erfahrung hat uns belehrt, daß auch in den Abendstunden Sternschnuppen sichtbar werden, daß also auch — wenn wir überhaupt die Entzündung der Sternschnuppen als durch die infolge des Widerstandes in der Atmosphäre in Wärme umgewandelte Bewegung ansehen wollen — in die Atmosphärenschichten der nach rückwärts gewandten Seite der Erde solche Körperchen eindringen und zwar mit einer Geschwindigkeit, die größer sein muß, als die der Erde selbst.

So läßt sich in der That aus dem Umstand, daß die mittlere Anzahl der Sternschnuppen im Laufe eines Tages regelmäßig variiert, die Geschwindigkeit derselben im Raume ableiten. Setzt man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn gleich 1, so findet Schiaparelli für die mittlere Geschwindigkeit der Meteore den Wert 1.45, hierin spricht sich aber fast vollständig die parabolische Geschwindigkeit aus, indem das Verhältnis der parabolischen zur Kreisbewegung genau wie $\sqrt{2}$ zu 1 ist. Zu gleichem Resultat war zu derselben Zeit, aber auf ganz unabhängigem Wege, der amerikanische Forscher Newton, dem wir in den früheren Kapiteln schon häufiger begegnet sind, gelangt, gewiß ein sehr gewichtiges Zeugnis für die Richtigkeit der Schiaparellischen Arbeiten, wenn nicht die innere Wahrscheinlichkeit schon laut genug für dieselbe gesprochen hätte.

Hiermit war nun allerdings ein entscheidender Schritt in der Erkenntnis dieser so lange räthselhaft gebliebenen Erscheinungen geschehen, und wenn auch der Schlußstein in dem Bau der neuen Theorie damit noch nicht eingefügt war, so konnte die Vollendung in der begonnenen Weise doch nicht mehr ausbleiben. Und wir werden sehen wie ein günstiges Geschick die Forschungen rascher zum Ziele führte, als von vornherein hätte vermuthet

werden können. Bevor wir hier weiter gehen, ist aber eine nicht unwichtige Schwierigkeit aus dem Weg zu räumen, die in den anomalen Flugbahnen der Meteore besteht. Wir hatten gesehen, daß die gekrümmten geschlängelten, ja die umkehrenden und sogar aufsteigenden Bahnen der Sternschnuppen nicht gerade zu den Seltenheiten gehörten und wenn man in den Sternschnuppen materielle Körper erblickte, so waren derartige Bewegungserscheinungen immerhin sehr auffallend. Es lag nicht so fern in diesen Anomalien den Einfluß der atmosphärischen Bewegungen erblicken zu wollen. Indessen läßt sich sehr wohl nachweisen, daß diese die Ursache nicht bilden können. Nehmen wir zunächst die allgemeine Bewegung der Atmosphäre, so ist diese die tägliche Rotation, die sie ja mit der Erde gemein haben muß. Natürlich nimmt die Geschwindigkeit der Rotation vom Äquator nach den Polen hin ab, während sie am Äquator etwa 465 Meter in der Sekunde beträgt wird sie in mittleren geographischen Breiten nur noch etwa 330 Meter betragen, in höheren Breiten noch weniger. Wie wir eben gesehen, bewegen sich die Sternschnuppen im Raume mit noch größerer Geschwindigkeit als die Erde in ihrer Bahn und letztere Geschwindigkeit beläuft sich schon auf 30 Kilom. in der Sekunde. Wollen wir nun aber für die Sternschnuppen annehmen, daß sie mit einer relativen Geschwindigkeit (im Mittel) von 30 Kilom. pro Sekunde (sie kann natürlich viel größer sein, allerdings auch kleiner, wenn sie in gleicher Richtung mit der Erde dahinziehen) und in senkrechter Richtung in die obersten Schichten der Atmosphäre eindringen, so werden sie nun von der Atmosphäre, deren Bewegung von West nach Ost vor sich geht, wohl einen seitlichen Druck erfahren, derselbe muß aber bei der außerordentlichen Geschwindigkeit der Sternschnuppen unmerkbar bleiben. Die Größe der Veränderung in der Richtung ist nach diesen Zahlen durch eine der einfachsten Rechnungen zu ermitteln und sie kann kaum $^1/_2$ Grad im ungünstigsten Falle betragen. Noch viel weniger merkbar kann aber der Einfluß der lokalen Bewegungen der Atmosphäre, der Winde sein, denn wir

kennen keine Winde, welche gleiche Geschwindigkeit besitzen, wie die Rotationsbewegung der Atmosphäre. So läßt sich unschwer nachweisen, welches die Ursache der normalen Bewegungen nicht ist, nun fragt sich aber, ob eine positive Erklärung ebenso leicht an die Stelle zu setzen ist. Schon Olbers hat im Anfang der dreißiger Jahre die richtige Ursache vermutet. Wenn nämlich der eindringende und in dem Widerstand leistenden Medium, der Atmosphäre, sich fortbewegende Körper ein einfacher materieller Punkt oder eine vollkommen homogene Kugel ohne merkbare Rotation wäre, so würde der Widerstand der Luft nicht hinreichen, die anfängliche Richtung des Körpers zu verändern. Ganz anders wird aber die Sachlage, sobald diese Voraussetzungen einzeln oder vereint nicht erfüllt sind. Es läßt sich allerdings bei unregelmäßiger Gestalt des Körpers nicht berechnen, welcher Art der Einfluß des Luftwiderstandes auf die Bewegungsrichtung sein wird, die geringsten Veränderungen in den der Rechnung zu Grunde gelegten Annahmen modifizieren das Resultat in auffälligster Weise. Aber immerhin ist die Bemerkung, welche Olbers machte, daß die anomalen Bewegungen eine Folge der unregelmäßigen Form der im Widerstand leistenden Medium sich fortbewegenden Körper seien, sicher die richtige. Wir können leicht den Versuch machen, welchen Einfluß der Luftwiderstand auf solche unregelmäßig geformte Körper hat, und unbewußt hat mancher Leser sich an solchen Versuchen erfreut. Die eigentümlichen Windungen und Bahnen, welche die Knaben beim Werfen mit platten Steinen, mit Austernschalen u. dgl. mehr diesen zu geben verstehen, finden so ihre Erklärung. Ebenso läßt sich leicht beobachten, wie ein frei herabfallender leichter und flacher Gegenstand unter dem Einflusse des Luftwiderstandes Schraubenlinien beschreibt. Ja, in neuer Zeit ist eine Waffe der Eingeborenen Australiens in unschuldiger Form als Spielzeug der Knaben überall zu finden, der Bumerang soll bekanntlich von einem geübten Schützen in der Weise geschleudert werden, daß er fast zu ihm zurückkehrt, und dies ist nur eine Folge seiner Form in

Verbindung mit der Bewegung in dem Widerstand leistenden Medium, wobei an eine Bewegung des letzteren selbst gar nicht gedacht zu werden braucht. Haben wir also auffallende Beispiele aus fast alltäglicher Anschauung genug, so will ich doch nicht unterlassen zu erwähnen, daß auch spezielle Untersuchungen auf diesem Gebiete angestellt worden sind, und zwar hat hier unsere friedliche Wissenschaft ihre Erfahrungen aus den Kriegsübungen geschöpft. Die frühesten Versuche hat Prof. Hansteen in Christiania anstellen lassen, indem mit besonders gefertigten Kugeln, bei denen der Schwerpunkt nicht mit dem Mittelpunkt zusammenfiel, geschossen und dann die Bewegung der Kugel nach dem Austreten aus dem Geschützrohr mit einem Fernrohr verfolgt wurde. Mehrfach war die Bewegung der Kugel eine so eigentümliche, daß Hansteen behauptete, einen schwarzen Vogel mit mächtigem Flügelschlag im Gesichtsfeld des Fernrohrs gesehen zu haben, wo doch das Objekt nach den Zeugnissen der Offiziere nichts anderes als die Kugel sein konnte. Es ist bekannt, daß die Kugeln, welche aus gezogenen Geschützen fortgeschleudert werden, eine seitliche Ablenkung erfahren, sie bewegen sich also nicht in einer vertikalen Ebene und ihre Projektion auf eine horizontale Ebene wird sich nicht als eine gerade Linie darstellen, die die Richtung der Geschützaxe bezeichnet, sondern vielmehr als eine Kurve welche am Austritt aus dem Rohr von der Richtung der Geschützaxe tangiert wird. Je weiter nun die Kugel sich von dem Geschütz entfernt, um so größer wird die Ablenkung und sie wächst außerdem in sehr rapidem Verhältnis. Es hat sich gefunden, daß z. B. ein oblonges Geschoß von 14 Pfund Gewicht, welches unter einem Winkel von 10 Grad und mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 1000 Fuß in der Sekunde abgeschossen wird, nach einem Wege von 8400 Fuß um nicht weniger als 40 Fuß abweicht. Die Bewegungsverhältnisse sind in diesem Beispiele derart, daß, wenn das Geschoß in seinem weiteren Verlauf nicht von der Erdoberfläche aufgehalten werden müßte, diese Abweichung in solchem Grade zunehmen würde, daß eine in sich ge-

schlossene Bahnlinie entstehen und daß dasselbe an den Ausgangspunkt zurückkehren würde. Der von dieser Kugel durchlaufene Kreis hätte, wenn man konstante Bewegungsverhältnisse annehmen wollte, einen Halbmesser von beiläufig 880 000 Fuß = 270 km. Natürlich wird es nie möglich sein, solche an sich überraschende Resultate der Rechnung durch das Experiment in vollem Maße zu beweisen, die Wege, welche von allen uns zur Verfügung stehenden Geschossen zurückgelegt werden, sind hierfür viel zu kurz, aber nichtsdestoweniger können wir doch auf Grund dieser Berechnungen, die ja ihrerseits vom Experiment in beschränktem Umfang ausgehen, ein Bild des mächtigen und umgestaltenden Einflusses des Luftwiderstandes auf die Bewegungen erhalten.

---

# IV. Zusammenhang der Kometen und Sternschnuppen.

## 17. Gemeinsamkeit der Bahnen.

Nachdem es Schiaparelli und Newton gelungen war, die absolute Geschwindigkeit der Sternschnuppen im Raum zu ermitteln und, wie wir sahen, diese Geschwindigkeit auf die Bewegung in einer Parabel oder doch einer Parabel sehr ähnlichen Bahn führte, konnte an dem kosmischen Ursprung nicht mehr gezweifelt werden. Aber in diesen lang gestreckten Bahnen lag ein Moment der Ähnlichkeit zwischen den hier betrachteten Körpern und den Kometen. Schon früher hatte, wie vorübergehend erwähnt, Erman für die Neigung des Perseidenringes gegen die Ekliptik einen Wert gefunden, wie er bei den zum Sonnensystem gehörenden Körpern auch nur in einzelnen Kometenbahnen berechnet worden war, wohingegen die Planeten sich sämtlich

in Bahnen bewegten, die nahe genug mit der Ebene der Ekliptik zusammenfielen. Auch die große Exzentrizität fand sich bei keiner Planetenbahn. So war nicht allein die Lage, sondern auch die Form der Bahn für beide Klassen von Körpern verwandt. In gewisser Hinsicht kann man noch eine weitere Ähnlichkeit in dem Umstand finden, daß wir, ebenso wie in sehr ausgedehntem Maße Sternschnuppen in denselben Bahnen ziehen, auch nach Hoeks Bemerkungen Kometenschwärme kennen. Und gerade in letzterer Beziehung sind ja die Beispiele solcher einem gemeinsamen Nest entstammenden Einzelkometen, die in mehr oder minder großen Entfernungen voneinander doch in ganz gleicher Bahn wandeln, beträchtlich vermehrt worden. Indessen die weitgehendste Ähnlichkeit in den Bahnverhältnissen der Kometen und Sternschnuppen sollte erst noch gefunden werden. Aus der Lage des Radiationspunktes der Perseiden, der bekannten Geschwindigkeit und Bewegung der Erde und Sternschnuppen berechnete Schiaparelli die Bahnelemente dieses Schwarms. Dieselben waren die folgenden:

| | |
|---|---|
| Durchgang durch das Perihel 1866 Juli | 23.6 |
| Länge des Perihels | 343°38′ |
| Länge des Knotens | 138°16′ |
| Neigung gegen die Ekliptik | 64°3′ |
| Periheldistanz | 0.964 |
| Richtung der Bewegung | retrograd |
| Umlaufszeit | 108 Jahre |

Das letzte Element, die Umlaufszeit, war nur unsicher ermittelt, indem sich aus manchen Notizen besonders reiche Fälle für die Augustmeteore gefunden hatten, die auf eine stärkere Anhäufung im Ringe in der Art schließen ließen, daß eine Rückkehr nach einem Intervall von 108 Jahren vermutet werden konnte.

Diese Bahnelemente zeigten eine ganz auffallende Ähnlichkeit mit den Elementen, welche Oppolzer von dem großen Kometen 1862, II, der ja früher besondere Erwähnung fand, be-

rechnet hatte. Wie groß diese Ähnlichkeit ist, kann aus der Anführung der letztgenannten Elemente ersehen werden. Dieselben lauten:

| | |
|---|---|
| Durchgang durch das Perihel 1862 August | 22.9 |
| Länge des Perihels | 344°41′ |
| Länge des Knotens | 137°27′ |
| Neigung gegen die Ekliptik | 66°26′ |
| Periheldistanz | 0.963 |
| Richtung der Bewegung | retrograd |
| Umlaufszeit | 121½ Jahre. |

Sehen wir also von dem bei den Perseiden unsicher bestimmten Element der Umlaufszeit ab, so sind die Bahnen in ihrer Lage und Gestalt so vollkommen identisch, daß ein innerer Zusammenhang nicht bezweifelt werden kann. In der Fig. 58 ist diese Bahn in ihrem Verhältnis zu den Planetenbahnen dargestellt, in derselben auch der Komet, der bereits das Perihel um vier Jahre früher durchlaufen hatte, angegeben.

Schiaparelli ging weiter und berechnete nun auch die Bahn der Leoniden, welche ja im November 1866 besonders reich erschienen waren. Hier nahm er auf Grund der sicher konstatierten glänzenden Erscheinungen, die sich, wie wir wissen, dreimal im Jahrhundert wiederholt hatten, eine Umlaufszeit von 33¼ Jahren an. Es war in der That ein sehr merkwürdiges Zusammentreffen, daß in demselben Jahre, in welchem Schiaparelli diese Rechnung durchführte, ein Komet erschien, der in seiner Bahn eine fast noch auffallendere Übereinstimmung mit dem Sternschnuppenschwarme zeigte, als es bei den Perseiden der Fall gewesen war. Die Elemente des Kometen I 1866 und der Leoniden stelle ich gleich nebeneinander. Es war

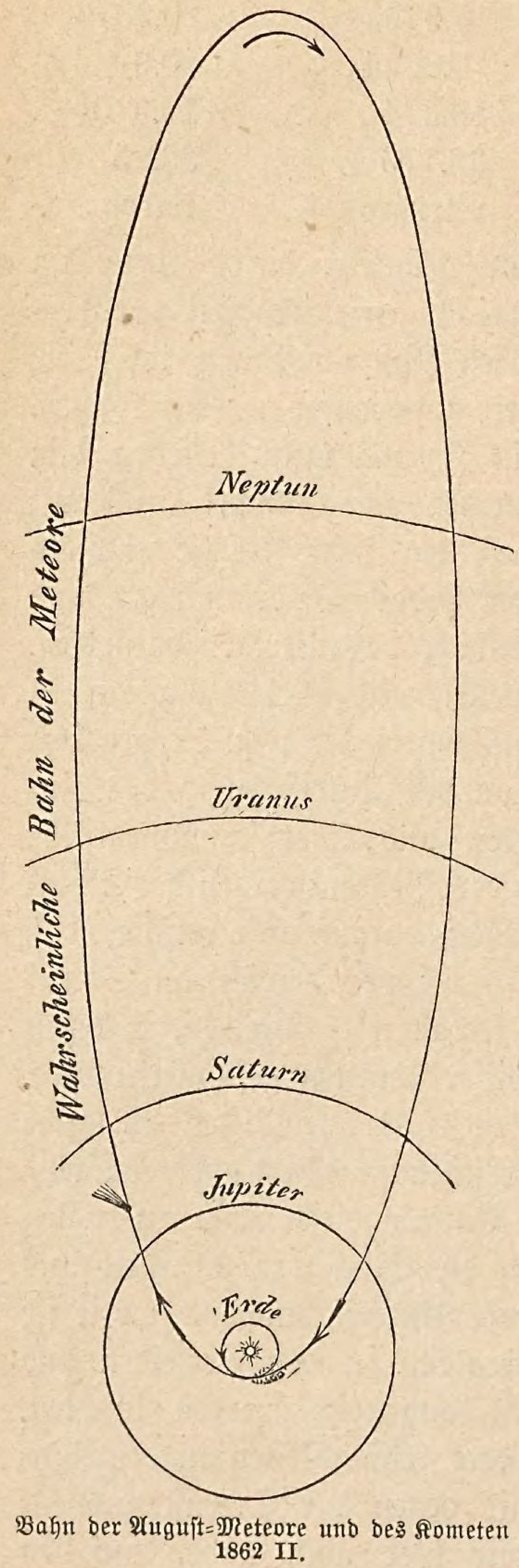
| | Komet 1866 I | Leoniden |
|---|---|---|
| Durchgang durch das Perihel | 1866 Jan. 11.160 | Nov. 10.092 |
| Länge des Perihels | 60°28′ | 56°26′ |
| Länge des Knotens | 231°26′ | 231°28′ |
| Neigung gegen die Ekliptik | 17°18′ | 17°44′ |

| | Komet 1866 I | Leoniden |
|---|---|---|
| Periheldistanz | 0.9765 | 0.9873 |
| Exzentrizität | 0.9054 | 0.9046 |
| halbe große Axe | 10.324 | 10.340 |
| Umlaufszeit | 33.176 | 33.25 |
| Richtung der Bewegung | retrograd | retrograd. |

Wäre, was immerhin denkbar gewesen, dieser Komet im Jahre 1866 wie bei früheren Erscheinungen unbeachtet vorübergegangen, so würde man auf diesen Zusammenhang im Falle der Leoniden noch lange nicht haben aufmerksam werden können. So konnte nun aber auch hier kein Zweifel mehr bestehen, daß die Novembermeteore in der Bahn des von Tempel 1866 entdeckten Kometen einhergezogen, daß die Teile, welche uns als Komet erschienen, dem Schwarm der Leoniden vorangingen, und zwar um 10 Monate früher, als diese das Perihel passierten. Auch für diesen interessanten Kometen- und Meteorschwarm ist in gleicher Weise wie beim Augustschwarm die Fig. 59 gegeben.

Natürlich hat das Interesse an der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Kometen und Sternschnuppen sehr zugenommen und nicht lange nach dem Bekanntwerden der Schiaparellischen Entdeckungen machte Weiß darauf aufmerksam, daß einige Epochen im Jahre, die als besonders reich an Sternschnuppen bekannt waren, solchen Punkten entsprechen, in denen die Erdbahn durch die Bahnen gewisser Kometen geschnitten wird. Hierher gehören u. a. die Kometen 1861 I und der Bielasche Komet, über dessen eigentümliche Erscheinungen an anderer Stelle ausführlich berichtet worden. Die Bahnen dieser Kometen treffen die Erdbahn in Punkten, wo sich die Erde am 20. April und 28. November befindet; eingehendere Untersuchungen, soweit sie damals bei dem immerhin im Vergleich zu den Perseiden und Leonidenfällen dürftigen Material angestellt werden konnten, führten auch hier auf bemerkenswerte Ähnlichkeiten in den Bahnen der betreffenden Kometen mit denen der Sternschnuppenschwärme. Namentlich müssen wir hier noch näher auf den

Fig. 58.



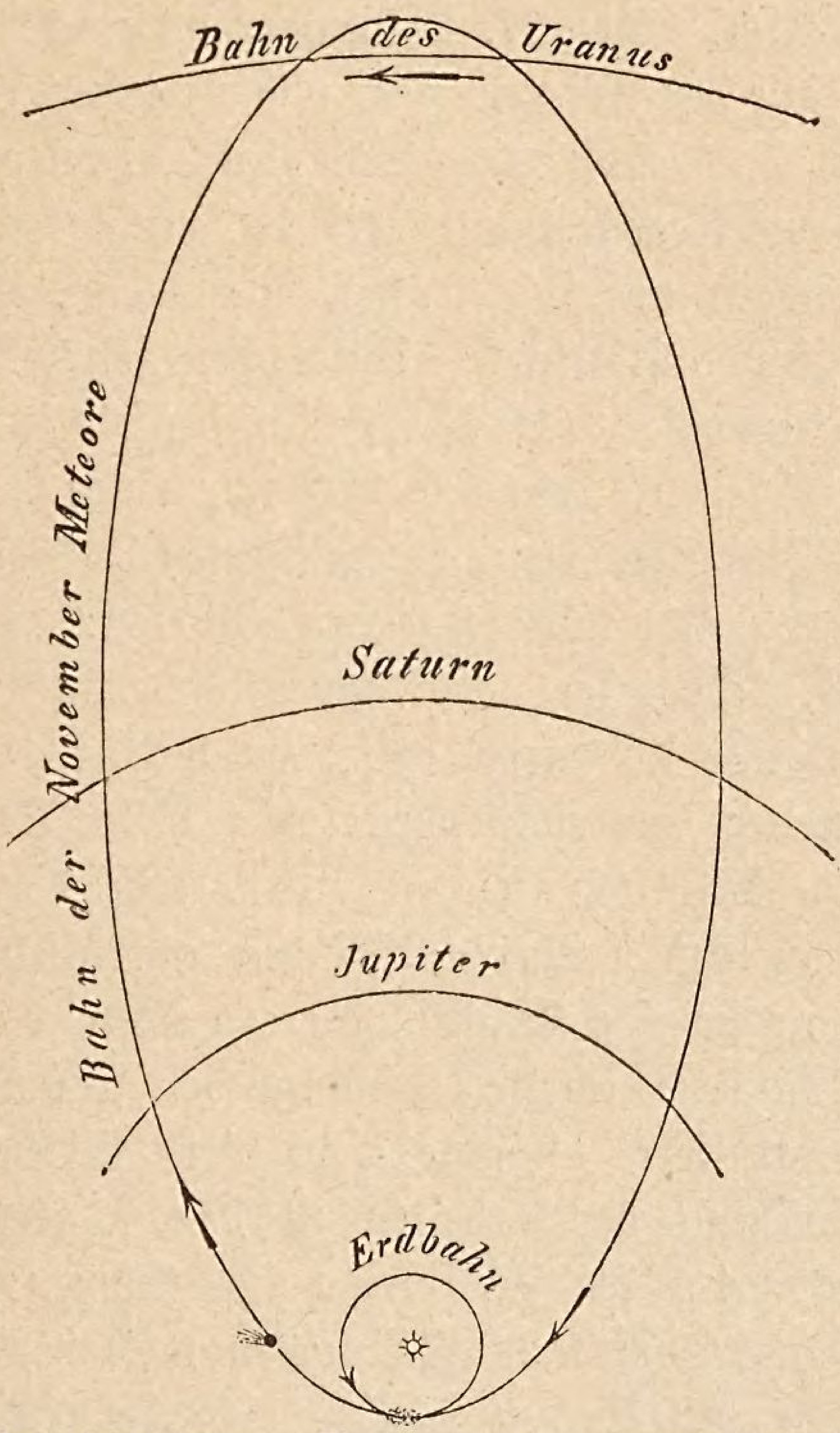

Bahn der August-Meteore und des Kometen 1862 II.

Bielaschen Kometen und die Novembermeteore (nicht die Leoniden, sondern die von Ende November) eingehen, sie haben den wahren Zusammenhang zur Evidenz nachgewiesen und dabei knüpft sich zugleich an das unerwartet glänzende Phänomen 1872 eine interessante Kometenentdeckung.

Schon bei Gelegenheit der Teilung des Kometen und seinem späteren Ausbleiben haben manche Gelehrte an eine Verbindung zwischen Kometen und Sternschnuppen geglaubt, so findet Humboldt die Meteorfälle im Anfang des Dezember besonderer Beachtung, namentlich mit Rücksicht auf Biela, wert. Und Quetelet sagt: „Wenn Teile des Biela, wie man zu vermuten veranlaßt ist, sich zu verschiedenen Zeiten abgelöst haben, so müssen solche Teile zunächst in der Bahn oder doch in der Nähe derselben einen diskontinuierlichen Strom um die Sonne bildend gedacht werden. So lange die Teilchen noch nicht weit zerstreut sind, wird kein kontinuierlicher Ring bestehen, die Masse wird ungleichmäßig verteilt sein und im Falle eines Zusammentreffens der Erde mit einem Schwarm von Teilchen wird ein

erneuerter Durchgang der Erde durch dieselbe Masse erst nach manchen Umläufen stattfinden können. Es brauchen daher keineswegs an gewissen Jahrestagen alljährlich gleich zahlreiche und ausgezeichnete Fälle stattzuhaben. Als beachtenswert reiche Phänomene

Fig. 59.




Bahn der November-Meteore und des Kometen 1866 I.

dieser Periode sind 1741 Dezember 5, 1798 Dezember 6, 1830 Dezember 7, 1838 Dezember 6.7 zu erwähnen. Ihr Radiationspunkt liegt in 30 Grad Rektascension und 43 Grad Deklination. So ist es ferner auffallend, daß die großen Meteorfälle 1798 bis 1838 unter Annahme von 6 Perioden auf eine Umlaufszeit von 2435 Tagen führen würden, während der Bielasche Komet

1806—46 eine mittlere Umlaufszeit von 2441 Tagen ergab. Die Differenz ist nicht so groß, daß die Störungen sie nicht leicht erklären könnten."

Im Jahre 1872 wurde die Vermutung, daß die November-Dezembermeteore in derselben Bahn wie der Bielasche Komet hinziehen, bestätigt. Am 27. November ereignete sich einer der glänzendsten Fälle der neueren Zeit und mancher Leser wird sich mit Freude an das großartige Schauspiel erinnern. Wo nicht die Witterung die Beobachtung vereitelte, mußte es die Aufmerksamkeit eines Jeden auf sich lenken, umsomehr, da es zu bequemer Abendstunde stattfand. Unter den sehr zahlreichen Berichten, welche damals von den verschiedensten und kundigsten Beobachtern erschienen, hebe ich hier nur einen heraus, welcher ein deutliches Bild über den ausgezeichneten Fall giebt. Schmidt in Athen schildert ihn mit folgenden Worten: „Am Mittwoch Abend, den 27. November, als die Dämmerung noch nicht zu Ende war, bemerkte ich zuerst etwa um 5 Uhr 48 Min. einige rasch nacheinander aufleuchtende wenig helle Sternschnuppen. Die nächsten 5 Minuten zeigten zwar, daß die Meteore viel häufiger als an den früheren Abenden auftraten, ließen aber noch nicht die großartige Erscheinung erwarten, die bereits nahe bevorstand. Während ich die Zählung der stündlichen Häufigkeit begann, informierte ich schleunigst vier Hilfsbeobachter hinsichtlich der Teilung der Arbeiten in den folgenden Stunden. Sie sollten besonders die Zählungen übernehmen, während ich Bahnen verzeichnen und das Phänomen nach verschiedenen andern Richtungen untersuchen wollte. In der Zeit von 8 Uhr 0 Minuten bis 8 Uhr 7 Minuten trübte sich der Himmel durch niedrige Seenebel, diese verzogen rasch, kamen nur stellenweis sehr schwach wieder zum Vorschein und wir hatten den übrigen Teil der Beobachtungsstunden höchst klaren Himmel. Nachdem ich in der ersten Stunde über 500 Meteore von meist großer Lichtschwäche gesehen hatte, trat eine so große Steigerung der Häufigkeit ein, daß ich für je 100 Meteore die Zeiten notierte, wobei

sich bald, ähnlich wie 1866 November 13 herausstellte, daß von einer Zählung im strengen Sinne des Wortes nicht die Rede sein könne und daß wir uns mit guten Näherungen begnügen müßten." Nach den Aufzeichnungen der Beobachter ergab sich, daß je 100 Meteore gesehen wurden in

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11.6 | Minuten | um | 6 | Uhr | 18 | Minuten |
| 7.2 | " | " | 6 | " | 35 | " |
| 5.0 | " | " | 7 | " | 10 | " |
| 3.5 | " | " | 8 | " | 48 | " |
| 4.5 | " | " | 9 | " | 3 | " |
| 4.0 | " | " | 9 | " | 10 | " |
| 5.0 | " | " | 9 | " | 14 | " |
| 4.0 | " | " | 9 | " | 19 | " |
| 3.0 | " | " | 9 | " | 22 | " |
| 4.5 | " | " | 9 | " | 26 | " |
| 3.8 | " | " | 9 | " | 30 | " |
| 3.4 | " | " | 9 | " | 34 | " |
| 6.0 | " | " | 9 | " | 38 | " |
| 4.1 | " | " | 9 | " | 42 | " |
| 4.8 | " | " | 10 | " | 38 | " |
| 7.0 | " | " | 11 | " | 1 | " |
| 9.0 | " | " | 11 | " | 21 | " |
| 26.0 | " | " | 13 | " | 35 | " |

wonach also zur Zeit der größten Häufigkeit auch ein Fluktuieren derselben wahrgenommen wurde, das teils reell, teils Folge der Ungenauigkeit der Beobachtung sein kann. Ein deutliches Bild der Zu- und Abnahme der Erscheinung giebt die folgende Zahlenreihe, die nach obigen Werten abgeleitet worden ist. Demnach betrug die Zahl der Meteore

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für | 6.0 Uhr | 375 | für | 10.5 Uhr | 1200 |
| | 6.5 | 650 | | 11.0 | 1020 |
| | 7.0 | 980 | | 11.5 | 810 |
| | 7.5 | 1300 | | 12.0 | 590 |
| | 8.0 | 1620 | | 12.5 | 440 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für 8.5 Uhr | 1770 | | für 13.0 Uhr | 300 |
| 9.0 | 1760 | | 13.5 | 200 |
| 9.5 | 1610 | | 14.0 | 125 |
| 10.0 | 1425 | | 14.5 | 64 |

Das Maximum fällt darnach ohngefähr auf 8 Uhr 45 Minuten Athener Zeit, was auch aus Beobachtungen an anderen Orten folgt. Es ergiebt sich ferner, daß in 9 Stunden etwa 8200 Meteore fielen, die ein Beobachter hätte sehen können. Da man nun in günstigen Verhältnissen bei solchen Zählungen etwa 0.4 der Hemisphäre überblickt, so würden darnach in jenem Zeitraum über 20 000 Meteore sichtbar gewesen sein; diese Zahl bildet aber nur eine untere Grenze, da wie gesagt, ein genaues Zählen in der Zeit des größten Maximums nicht durchführbar war. Auch hierüber finden sich an anderen Orten übereinstimmende Notizen, so hat Grant in der Zeit von 5 Uhr 30 Min. bis 11 Uhr 50 Min., also in reichlich sechs Stunden, 10 579 Sternschnuppen gesehen. In Italien erschien der Schwarm noch reicher, Denza in Turin zählte mit vier Beobachtern in 6½ Stunden nicht weniger als 33 400 Meteore und führt dabei noch an, daß hierin bei weitem nicht die wahre Zahl erreicht sei, da es oft unmöglich wurde, sie zu zählen.

„Während sich der Meteorfall des 13. November 1866 auszeichnete durch den Glanz der Meteore (fährt Schmidt in seiner Beschreibung fort), durch so viele hundert wirkliche Boliden, durch Schmalheit und Helle der Schweife, durch das Vorwiegen der grünen Farbe und besonders durch die große Schnelligkeit der scheinbaren Bewegung, fanden am 27. November 1872 auffallend andere Verhältnisse statt. Die überaus große Mehrzahl der Sternschnuppen war sehr lichtschwach, 5. bis 6. Größe, die Schweife zwar sehr häufig, aber breit und rauchartig, so daß viele der größeren Meteore völlig den langgeschweiften Kometen glichen. Die grünliche Farbe zeigte sich vielleicht nur einmal, sonst lagen alle Farben zwischen dem weiß und rotgelb. Viele tausende waren orange oder gelbrot. Besonders merkwürdig er-

schien die ausnahmslos langsame, sanft schwebende Bewegung und die viele Stunden lang konstatierte Thatsache, daß namentlich fast alle Meteore, die nicht weiter als 30—40 Grad von der Radiation entfernt waren, krumme und überhaupt anomale Bahnen hatten. Bei etwa 1000 solcher Bahnen hatte ich stets den Eindruck, daß außer der gewöhnlichen Bewegung, die sehr häufig 1—2½ Sekunden dauerte, noch eine markierte seitliche Drift stattfand, die ich schon (wenn auch selten) vor vielen Jahren wahrnahm und als einen Effekt der Rotation der Erde ansah. Glänzende Feuerkugeln wurden nie gesehen, nur 2 oder 3 hatten die Helle des Jupiters, 5 oder 6 die des Sirius, vielleicht 250—300 die erster Größe; alle übrigen waren lichtschwach und nur selten fehlte der Schweif. Schon in der ersten Stunde sahen wir nicht nur oft 5 oder 6 Meteore in derselben Sekunde, sondern gleichzeitig zogen kleine Gruppen an verschiedenen Stellen des Himmels zu 3—7 nebeneinander in parallelen Bahnen hin. Nach 8¾ Uhr sahen wir schmale Züge von 10—20 neben- und hintereinander, nicht nur der Radiationsstelle nahe, wo sie in flutender, pulsierender Bewegung scharenweis oft nur als kurze Lichtlinien allseitig ausströmten, sondern auch 50—60 Grad davon entfernt. Gegen 9 Uhr wurde im Schwan ein lichtschwacher 3—5 Grad langer und 1 Grad breiter Büschel, eine Art Knäuel von vielen staubartigen Lichtpunkten und nicht übereinstimmender Bewegung gesehen. Während dem Radianten nahe nur selten ein lichtstarkes Meteor erschien, gab es deren eine Menge in großen Abständen, namentlich im Eridanus, Orion und Stier. Oft glich der Anblick im Südost und Ost dem Horizont schon nahe einem steten Tropfenfalle, wenn in Momenten gesteigerter Häufigkeit 20—40 Sternschnuppen vierter, dritter, zweiter Größe langsam mit zunehmendem Glanze und zwar soviele in 10—20 Sekunden gleichzeitig sich herabsenkten. Zweimal sah ich ein Meteor zweiter Größe, ihm ganz nahe und zum Teil in seinem breiten Schweife, von 7 oder 8 feinen Sternschnuppen 6. bis 5. Größe begleitet, ihm voran ging keins derselben, alle folgten ihm

in geringem Abstande. Es war für das freie Auge ganz derselbe Anblick, den am Fernrohr ein großes Meteor am 18. Oktober 1863 gewährt hatte. In früheren Fällen hat man zur Vergleichung der Häufigkeit den Schneefall oder den Regen genannt, aber auch für die große Erscheinung des 27. November würde ich solches Bild durchaus nur als eine Übertreibung bezeichnen. Viel besser trifft, namentlich für dic Regionen des Radianten, der Vergleich mit dem Meeresleuchten, wenn dieses bei fast ruhiger See nur sparsam auftritt, und man die hellen Punkte, kurze Bahnen beschreibend, mit geringer Bewegung aufleuchten und verschwinden sieht, bald 4—5, bald 20 und mehr in mäßigen Abständen nebeneinander. Für den schwebenden Fall der helleren Meteore, näher dem Horizonte, dient der ruhige Fall des herbstlichen Baumlaubes als sehr bezeichnender Vergleich."

Die Ermittelung des Radiationspunktes dieser Meteore geschah in voller Übereinstimmung von den verschiedenen Beobachtern; die Lage fand sich in der Nähe des Sterns $\gamma$ Andromedae. Aus diesem Ort ist dann von Bruhns u. a. ein Elementensystem des unerwarteten Schwarms berechnet und die Ähnlichkeit mit den Elementen des verschwundenen Bielaschen Kometen war eine sehr auffallende. Es konnte sofort nicht zweifelhaft sein, daß dieser Meteorfall von Körpern herrührte, die in der Bahn des Bielaschen Kometen hinzogen, und ein neues sicheres Beispiel für den entdeckten Zusammenhang der Kometen und Sternschnuppen war hiermit geliefert. Klinkerfues hatte nun aber in dieser Hinsicht einen Schritt weiter gethan und glaubte annehmen zu müssen, daß eine volle Identität zwischen diesen Objekten bestehe, daß ein Komet sich in Sternschnuppenschwärme auflöst, daß ein Sternschnuppenschwarm in der Entfernung uns als eine neblige Kometenmasse erscheint. Wenngleich dieser Ansicht Schwierigkeiten gegenüberstehen, so schien doch hier die Möglichkeit einer Prüfung vorzuliegen. Nach Klinkerfues' Meinung mußten wir durch den Kopf des

Vielaschen Kometen (oder des einen Teiles desselben) am Abend des 27. November hindurchgegangen sein, und es mußte, wenn dieses der Fall gewesen, in unserem Rücken der Sternschnuppenschwarm wieder gesammelt als feine Nebelmasse am Himmel gesehen werden können. Der Ort dieser Nebelmasse mußte dem Radiationspunkt der Sternschnuppen gegenüber und hiernach in der Gegend des Sternes ϑ Centauri am südlichen Himmel liegen. Eine briefliche Mitteilung über den Sternschnuppenfall konnte natürlich nicht rechtzeitig an eine Sternwarte der südlichen Hemisphäre gelangen und so entschloß sich Klinkerfues, an Pogson, den Direktor der Sternwarte in Madras, eine telegraphische Aufforderung zur Nachsuchung zu senden. Die Depesche lautete: „Bielas Komet berührte die Erde am 27. Nov., suchen Sie bei Theta Centauri“. Pogson war hiernach, da er den Sachverhalt ja nicht im ganzen Umfange kennen konnte und da ja ohnedies die Rückkehr des Vielaschen Kometen in jene Zeit fallen mußte, der Meinung, daß der Komet wirklich beobachtet worden war. Er suchte natürlich an der angegebenen Stelle am Himmel nach, und merkwürdig genug, in der ersten klaren Nacht, d. h. als sich zum erstenmal in der trüben Zeit am 2. Dezember in jener Himmelsgegend Wolkenlücken bildeten, erblickte er einen Nebelfleck, der nichts anderes als ein Komet sein konnte, da sich die Bewegung deutlich dokumentierte. Der Komet erschien kreisförmig, hell, mit einem ausgeprägten Kern, aber ohne Schweif. Starke Dämmerung nötigte an diesem Morgen zum Aufgeben der weiteren Beobachtung. Am nächsten Morgen, den 3. Dezember, wurde der Komet wieder gesehen und in ähnlicher Weise als kreisförmig mit hellem Kern beschrieben, außerdem war jedoch ein Schweif, wenngleich schwach, so doch unzweifelhaft erkennbar. Da ja der Komet bei seinen früheren Erscheinungen in zwei Teile aufgelöst worden, so wünschte Pogson auch dieses mal den zweiten Kopf aufzufinden, indessen war die Zeit der Dämmerung wegen hierfür zu kurz. Die nächsten Tage trat leider wieder unausgesetzt trübe Witterung ein, so daß eine dritte Beobachtung

nicht erhalten werden konnte. Am nächsten klaren Morgen war das Objekt nicht mehr aufzufinden. Dies ist um so mehr zu beklagen, als ja bekanntlich für die Berechnung einer Bahn wenigstens drei vollständige Beobachtungen erforderlich sind und es gerade in diesem Falle wünschenswerter als in vielen anderen gewesen wäre, zu voller Sicherheit über die Bahn zu gelangen.

Selbstverständlich war man bei dem ersten Bekanntwerden der Pogsonschen Beobachtungen sehr geneigt, in dem entdeckten Kometen wirklich den verlorenen Biela zn erblicken, oder doch jedenfalls einen mit diesem in irgend welchem Zusammenhang stehenden Körper. Es lag aber eine sehr große Schwierigkeit gegen diese Annahme in dem Umstand, daß nach den genauesten Berechnungen der Bielasche Komet nicht erst am 27. November die Erdbahn passieren mußte, sondern bereits 12 Wochen vorher; es befand sich also die Erde bei dem Durchgang des Kometen durch ihre Bahn in einem beträchtlichen Abstand von jenem Durchschnittspunkt. Es ist ja unzweifelhaft, daß die Bahn des Kometen durch die störenden Einflüsse der Planeten wesentliche Änderungen erlitten haben konnte, aber doch würde eine so starke Verzögerung des Kometen für den Durchgang durch die Erdbahn nur durch eine vollständige Umgestaltung der ganzen Bahn zu erklären gewesen sein. So ging denn die Frage weiter darauf hin, ob überhaupt das von Pogson beobachtete Objekt in der Bahn des Bielaschen Kometen wandle, ob man also hier ein erneutes Beispiel für einen Kometenschwarm habe, der dann seinerseits mit dem Meteorschwarm dieselbe Bahn um die Sonne beschreibe. Viele Astronomen haben sich mit der Lösung dieser Frage beschäftigt, einige glaubten die Wahrscheinlichkeit der Zusammengehörigkeit zu erweisen, aber von Bruhns ist eine definitive Entscheidung dahin berechnet worden, daß in der ganzen Entdeckung Pogsons der Zufall eine eigentümliche Rolle gespielt hat und daß dieses Objekt in gar keiner Verbindung mit dem Bielaschen Kometen steht. Es folgte nämlich aus den beiden Beobachtungen, daß der Komet sich nahe mit gleicher Geschwindig-

keit bewegte, was er, wenn er ein Teil des Bielaschen Kometen gewesen, nicht hätte thun können, außerdem mußten ganz gezwungene und unmöglich scheinende Veränderungen in den Elementen der Bielaschen Kometenbahn vorausgesetzt werden, wenn die Pogsonschen Beobachtungen mit denselben hätten in Einklang gebracht werden sollen. Ganz dasselbe galt nun mit Bezug auf den Nachweis der Identität des Sternschnuppenschwarms und des Pogsonschen Kometen. Letzterer steht mit keinem der beiden hier in Betracht gezogenen Körper in Beziehung. So hat der 27. November 1872 wohl zu dem Resultat geführt, daß ein Sternschnuppenschwarm in der gleichen Bahn wie der Bielasche Komet hinzieht, ebenso wie das vorher für die Leoniden, Perseiden u. a. mit Rücksicht auf andere Kometenbahnen nachgewiesen worden war, aber über den Verbleib, das Schicksal des Bielaschen Kometen haben wir nichts erfahren und wir sind auch nach dieser Kometen- und Sternschnuppenbeobachtung noch nicht berechtigt, anzunehmen, daß Sternschnuppenschwärme ohne weiteres aus der Entfernung betrachtet uns das Bild eines Kometen gewähren würden. Der augenscheinliche Beweis ist dafür noch nicht erbracht worden. Weitere Untersuchungen über die Bahnverhältnisse der Sternschnuppen führten nun auf die Frage der störenden Wirkungen seitens der Körper im Sonnensystem. Schiaparelli wies nach, daß jede dünne von der Sonne angezogene Wolke, mag sie aus kontinuierlicher Materie oder aus getrennten Teilchen bestehen, in einen dünnen langen Strom umgewandelt wird, wenn sie sich dem Sonnensystem nähert. Dieser Strom wird in eine Kurve gekrümmt, welche in den uns benachbarten Räumen wenig von einer Parabel abweicht, sich im allgemeinen einem sehr in die Länge gezogenen Kegelschnitt nähert. In diesen Strömen liegt die Erklärung für die nicht periodischen Ströme, die Bildung der periodischen ringförmigen Ströme folgt aus ähnlicher Anschauung. Wenn die kosmische Wolke sich noch nicht in einen Strom aufgelöst hat, also noch relativ dichter ist, als die eben angeführte und in diesem Zustand einem großen Planeten nahe kommt, so kann die Ablenkung so bedeutend werden, daß

sich die Bahn aus einer parabolischen in eine elliptische von ganz kurzer Umlaufszeit und kleiner Periheldistanz verwandelt; ein Teil der Glieder des Schwarms kann dahingegen in den weiten Raum hinausgeschleudert werden. Besonders kommen hier natürlich die Wirkungen des Jupiters in Betracht, indessen werden auch die anderen großen Planeten in der Umbildung der Sternschnuppenschwärme eine bedeutende Rolle spielen können. So hat Le Verrier berechnet, daß der große Novemberschwarm, die Leoniden, wahrscheinlich erst durch die Anziehung des Uranus, dem der Strom im Jahre 126 n. Chr. nahe kam, in seine jetzige Bahn, wo die Erde sie jährlich kreuzt, gelenkt ist. Wir hätten also in ihm einen relativ jungen Bürger des Sonnensystems und es ist außerdem sehr wahrscheinlich, daß überhaupt diejenigen Schwärme, welche innerhalb ihres Ringes eine sehr ungleiche Anhäufung zeigen, die also nicht alljährlich in gleicher Dichtigkeit zur Erde fallen, die jüngeren sind, da bei jedem Periheldurchgange eine größere Zerstreuung der einzelnen Teilchen stattfinden wird, indem die Attraktion auf die verschiedenen Teile auch in verschiedener Weise wirkt. Der Auguststrom würde nach dieser Anschauung der ältere sein müssen. Daß übrigens die großen Planeten imstande sind, die Bahnen der an Masse sehr geringen Körper vollständig umzubilden, haben wir bereits bei der Besprechung der Kometen gesehen, und es sei hier besonders an die Untersuchungen über die Bahn des Kometen 1770 erinnert.

Wenn nun die Erdbahn die Bahn einer solchen, schon in ungleicher Dichtigkeit über eine große Strecke ausgebreiteten kosmischen Wolke kreuzt, so wird die Erde, sobald sie selbst den Kreuzungspunkt passiert, auf eine Anzahl solcher zerstreuter Partikel derselben stoßen. Die an sich dunklen Teilchen stürzen in die Erdatmosphäre, erhitzen sich, werden leuchtend und verdampfen schließlich, sie werden uns die Erscheinung eines Sternschnuppenfalls bieten. Ist nun eine solche kosmische Wolke mit einem Kometen identisch, so würde letzterer als Anhäufung von kleinen Körperchen anzusehen sein, welche unter dem Einflusse der Son-

nen- und Planetenanziehung längs ihrer Bahn zerstreut werden und uns unter gewissen Bedingungen als Sternschnuppen sichtbar werden.

Hiernach gelangen wir nun noch zur Besprechung der Ansichten über die physische Natur der Kometen.

## 18. Ansichten über die Beschaffenheit, das Wesen der Kometen.

Wir könnten nach dem vorhergehenden umittelbar dazu übergehen, dem Leser die Ansichten über die Natur der Kometen mitzuteilen, welche nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse als die richtigsten gelten müssen. Wenn nichtsdestoweniger auch die alten phantastischen Meinungen hier in gewissem Grade Erwähnung finden, so geschieht dies aus mehrfachem Grunde. Gewiß ist es von Interesse, die allmählichen Fortschritte in der Erkenntnis zu verfolgen, das Hin- und Hertasten des Geistes in der durch die gesicherten Wahrnehmungen wenig erhellten Nacht früherer astronomischer Thätigkeit zu beobachten und zu sehen, wie dann und wann ein heller Schein durch die dunklen Wolken bricht, ohne daß es noch der Sonne gelingen wollte, die Finsternis ganz zu zerstreuen, wie aber mehr und mehr in unseren Zeiten sich die Theorieen herausbilden, die auch hier an die Grenze der Erkenntnis der Wahrheit führen müssen. Andererseits wird uns aber freilich durch eine solche Mitteilung eine Beschämung nicht erspart, indessen wirkt dieselbe oft heilsamer als jede wohlgemeinte Belehrung. Wir werden nämlich sehen, daß viele der so oft belächelten und der ganz veralteten abergläubischen Anschauungen auch heute noch in unseren aufgeklärten Zeiten nicht so ganz überwunden sind, ja entschieden tiefer wurzeln im Volk und nicht allein in den unteren Schichten desselben, wie gewöhnlich gern angenommen wird. Ein bekannter Gelehrter bemerkt über diesen Punkt ganz richtig, daß, wenn einer der periodischen Kometen Betrachtungen über uns Erdenbewohner anstellen wollte, in der Weise des alten Liedes:

„Und abermal nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Weges gefahren“

er wohl äußerlich manches verändert, im wesentlichen aber, namentlich was das Reich der Meinungen, Mutmaßungen und Irrtümer betrifft, so ziemlich denselben Zustand wiederfinden und von einem Fortschritt im ganzen und großen nur wenig zu berichten haben würde.

In allen Ländern, zu allen Zeiten ist ein Komet Gegenstand besonderer Aufmerksamkeit seitens des Volkes gewesen und man hat irgendwelche Prophezeiungen an seine Erscheinung geknüpft Prophezeiungen, die ja nach den Umständen glück- oder unglückverheißend waren; Kriege, Pest und Krankheiten, Todesfälle berühmter einflußreicher Personen, daraus entstehende Konflikte schrecklichster Art, auf der einen Seite — gutes Weinjahr, Trockenheit u. dgl. auf der anderen Seite. Dem Verfasser dieses Büchleins sind Beispiele genug bekannt, wo die gebildetsten Personen an die relativ zahlreichen Kometenerscheinungen der letzten Jahre die kühnsten Vermutungen über den Lauf irdischer Verhältnisse knüpften und mancher Astronom könnte eine interessante Fülle von schriftlichen und mündlichen Anfragen über die Bedeutung eines plötzlich erschienenen Kometen für die gegenwärtige Zeit, ja für des Fragestellers persönliche Pläne und Absichten, dem zweifelnden Leser zur Verfügung stellen — und dabei wird es nur in den seltensten Fällen gelingen, den Aberglauben durch Gründe der Wissenschaft zu bannen; wenn nichts mehr die irrige Ansicht zu stützen vermag, so wird gewöhnlich der letzte Grund ins Treffen geführt, daß nämlich doch die Ansicht eines solchen Einflusses der Kometen eine so allgemein verbreitete sei, daß etwas wahres daran sein müsse. Ja leider ist der erste Teil des Satzes richtig, und da hiergegen nichts einzuwenden, den Gründen gegen den zweiten Teil kein Glauben geschenkt wird, so gilt denn doch der Astronom als der Besiegte. — Aber wie entsteht hier der Aberglaube? so mag man wohl fragen. Es wird sich hier wohl ähnlich verhalten, wie in anderen Fällen außergewöhn-

licher Ereignisse. Ein glänzender Komet, dessen Erscheinung sofort in die Augen fällt, gehört zu den Seltenheiten; in den meisten Fällen zeigt er sich ganz unerwartet, manchmal wird er infolge der Lage seiner Bahn im Moment seines größten Glanzes ganz plötzlich sichtbar, und wenn auch in anderen Fällen der sich mächtig entwickelnde Komet schon als lichtschwaches Objekt Wochen und Monate zuvor den Astronomen bekannt, und der Verlauf der Erscheinung entsprechend berechnet, vorher verkündet werden konnte, so ist doch nichtsdestoweniger auch dann die Sichtbarwerdung eine unerwartete. Nach mehr oder minder kurzer Zeit der Beobachtung verliert der Komet dann stetig an Helligkeit bis er den Blicken ganz entschwindet, und nicht etwa, weil er sich auflöst und wirklich vergeht, sondern weil er sich in die ungeheueren Tiefen des Himmelsraumes verliert, aus denen er kurz zuvor zu uns gekommen. Er ist und bleibt ein Fremdling für uns und entwickelt dabei einen ganz anderen Glanz als andere Sterne, seine Gestalt ist so auffällig und gänzlich von der der übrigen Sterne verschieden — er muß etwas besonderes sein und etwas besonderes bedeuten. Wenn nun ein Ereignis von weittragendem Einfluß auf alle menschlichen Verhältnisse gleichzeitig oder bald nach dem Erscheinen des Kometen eintrifft, so werden wohl beide, oft zunächst in nicht absichtlicher Weise und zur Erleichterung des Gedächtnisses miteinander in Verbindung gebracht. Ähnliches erleben wir fortwährend, wenn z. B. nach einer langen Regenzeit zufällig der erste klare Abend mit dem Eintritt des Vollmondes stattfindet, so entsteht daraus wohl die Ansicht, daß der Mond den Wechsel in der Witterung verursacht. Alle die unzähligen Male, wo der Wechsel auch ohne den Vollmond stattfindet, prägen sich unserem Gedächtnis nur in geringerem Maße ein. Ebenso vergessen wir auch die mittleren Jahresverhältnisse, wenn ein Komet am Himmel stand, ebenso das Nichterscheinen eines Kometen, wenn sonst etwas Abnormes stattfand. Und seitdem wir mit dem Fernrohre jahraus, jahrein, manchmal sechs und mehr Kometen in einem Jahre beobachten, fehlt uns

natürlich in noch höherem Grade die Berechtigung, die Kometenerscheinungen mit den sozialen und sonstigen Vorgängen auf der Erdoberfläche in Beziehung zu bringen. Littrow hat übrigens mit Rücksicht auf die Witterungsverhältnisse einige Zahlen zusammengestellt, die wir hier wiedergeben als deutlichsten Beweis, daß unsere Erfahrungen über den Einfluß der Kometen auf die Jahrestemperaturen nichts erkennen lassen. Aus einem Zeitraum von 153 Jahren sind diejenigen Jahre gewählt, in denen ein Komet erschien und in denen zugleich der Sommer sehr warm oder der Winter besonders kalt war. Es findet sich:

| Heißer Sommer oder warmer Winter | | Kalter Sommer oder strenger Winter | |
|---|---|---|---|
| 1632 | 1737 | 1665 | 1729 |
| 1682 | 1748 | 1680 | 1744 |
| 1689 | 1764 | 1683 | 1766 |
| 1701 | 1769 | 1684 | 1771 |
| 1702 | 1774 | 1695 | 1784 |
| 1704 | 1781 | 1699 | 1785 |
| 1718 | 1783 | 1706 | |
| 1723 | | 1718 | |

Unter 153 Jahren sind also 15, wo die Kometen große Wärme, 14, wo sie große Kälte brachten, d. h. sie hatten überhaupt keinen Einfluß. Ferner wird auf der Wiener Sternwarte, wie ja auch an vielen anderen Orten, seit langen Zeiten täglich der Stand des Thermometers abgelesen und daraus die mittlere Jahrestemperatur abgeleitet. Wir geben hier für 30 Jahre diese mittlere Temperatur nach Reaumur und dabei die Zahl der in dem betreffenden Jahre erschienenen Kometen.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1821 | + 9.2 | 1 Kom. | 1831 | + 8.2 | 0 Kom. | 1841 | + 8.5 | 0 Kom. |
| 1822 | 9.7 | 3 „ | 1832 | 7.8 | 3 „ | 1842 | 7.3 | 2 „ |
| 1823 | 8.0 | 1 „ | 1833 | 8.3 | 1 „ | 1843 | 8.0 | 3 „ |
| 1824 | 9.1 | 2 „ | 1834 | 9.6 | 1 „ | 1844 | 7.6 | 3 „ |
| 1825 | 8.4 | 4 „ | 1835 | 8.2 | 3 „ | 1845 | 7.7 | 4 „ |
| 1826 | 8.3 | 5 „ | 1836 | 8.5 | 0 „ | 1846 | 9.1 | 8 „ |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1827 | +8.5 | 3 | Kom. | 1837 | +7.0 | 0 | Kom. | 1847 | +7.1 | 6 | Kom. |
| 1828 | 8.3 | 0 | " | 1838 | 6.6 | 1 | " | 1848 | 7.8 | 3 | " |
| 1829 | 6.1 | 1 | " | 1839 | 8.1 | 0 | " | 1849 | 7.3 | 3 | " |
| 1830 | 7.5 | 3 | " | 1840 | 6.9 | 4 | " | 1850 | 7.5 | 2 | " |

Nimmt man die Jahre unter 7°.5 als kalte, über 8°.5 als warme, so finden sich

5 heiße Jahre mit 15 Kometen
7 kalte " " 17 "
18 mittlere " " 38 "

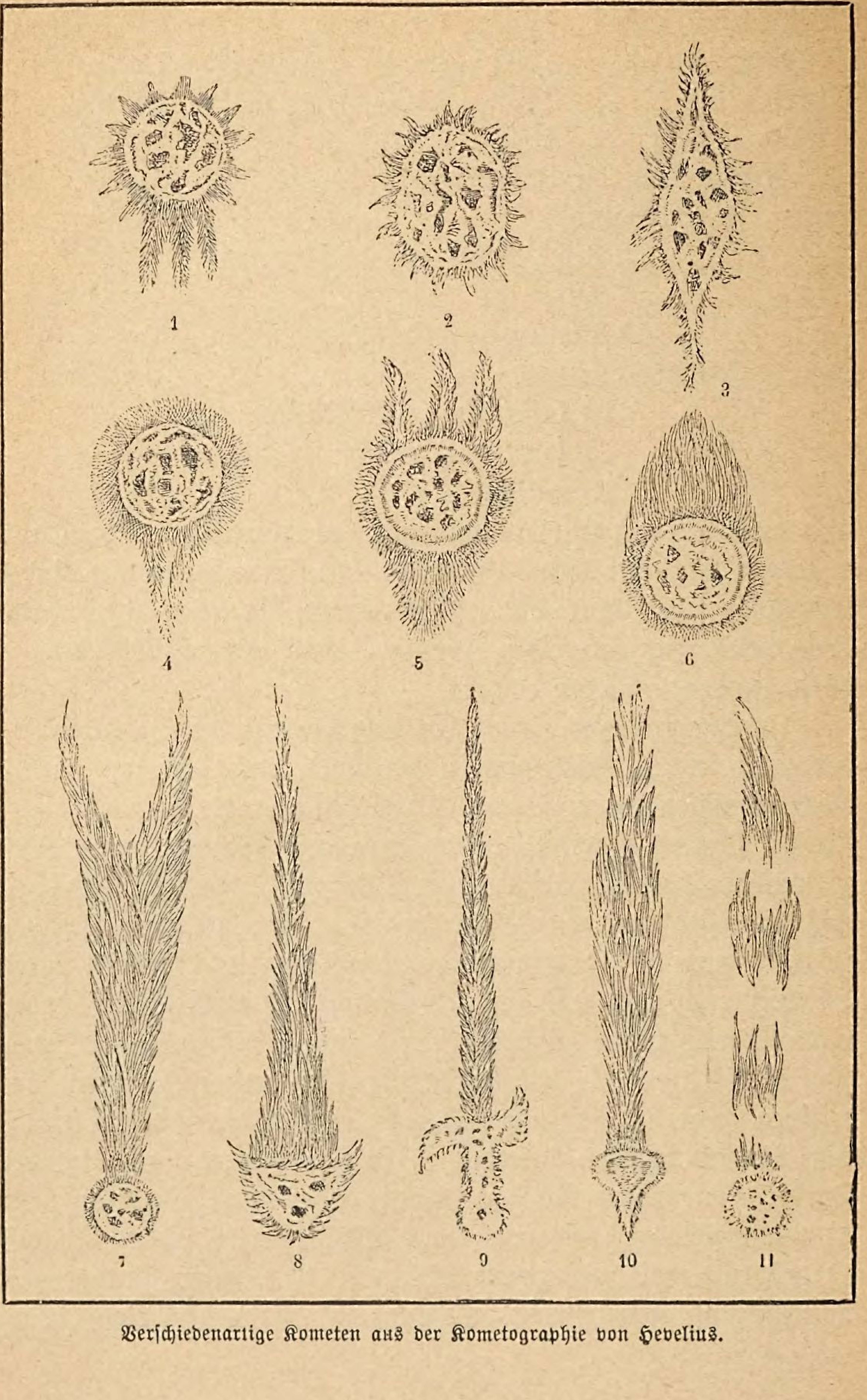
oder es kommen auf

10 heiße Jahre 30 Kometen
10 kalte " 24 "
10 mittlere " 21 "

also auch hier ist ein Einfluß nicht zu bemerken. Es waren außerdem die Jahre 1829, 1838 sehr kalt, beide hatten nur einen Kometen. Die Jahre 1822, 1834 waren sehr heiß, jenes hatte drei, dieses auch nur einen Kometen, 1846 mit acht Kometen gehörte zu den mittleren Jahren.

In den frühesten Zeiten hat man Kometen ohne weiteres zu den meteorischen Erscheinungen gerechnet, auch, wie wir wissen, wohl manchmal neue Sterne, veränderliche, als Kometen angesehen. Plinius unterscheidet 12 Arten von Kometen und die Bezeichnungen derselben zeigen auch Anklänge an die phantastischen Anschauungen über die Natur derselben. Er beschreibt dieselben folgendermaßen: 1) Eigentliche Kometen, sie erstrecken ihren Schweif nach oben und sind blutfarbig. 2) Bartförmige, deren Schweif nach unten zu sich erstreckt und die übrigens den vorigen ähnlich sind; 3) wurfspießartige lang und spitz, ihrem Erscheinen folgt die Wirkung auf dem Fuße nach; 4) degenförmige mit bleichem trübem Aussehen; 5) scheibenförmige, von gelblicher Farbe, von seinen Rändern gehen einige kurze Strahlen aus; 6) tonnenförmige, wie eine kurze Säule, beide Enden stumpf; 7) gehörnte, mit gebogenem Schweif; 8) flammenförmige mit wellenförmig gekrümmtem Schweif; 9) mähnenförmige, deren

Fig. 60.




Verschiedenartige Kometen aus der Kometographie von Hevelius.

Schweif der Mähne eines Pferdes gleicht, die sich in einer heftigen drehenden Bewegung befinden; 10) mähnenförmige von glänzend weißer Farbe, sie strahlen so hell, daß man sie kaum anhaltend betrachten kann, man erblickt in ihnen das Bild eines Gottes in menschlicher Gestalt; 11) stachliche, wie der Körper eines Tieres mit Borsten besetzt und von einem Nebellicht umgeben; 12) lanzenförmige Kometen. In den Abbildungen unter Fig. 60 sind derartige verschieden gestaltete Kometen aus der Kometographie von Hevelius reproduziert. — Seiner Ansicht nach sind die Kometen im gewöhnlichen unheilbringende Gestirne; mit Bezug auf einen Kometen des Jahres 86 v. Chr. sagt Plinius: „Wir hatten ein solches Beispiel während des Bürgerkriegs unter dem Konsulat des Oktavius.“ Ferner über einen Kometen des Jahres 48 (möglicherweise eines Meteor): „In dem Krieg zwischen Cäsar und Pompejus haben wir ein Beispiel der schrecklichen Folgen, welche die Erscheinungen der Kometen nach sich ziehen; am Anfang des Krieges waren die dunkelsten Nächte durch unbekannte Sterne erhellt, der Himmel schien in Flammen zu stehen, brennende Fackeln durchzogen die Tiefen des Himmelsraums nach allen Richtungen; der Komet, dieses fürchterliche Gestirn, welches die irdischen Mächte umstürzt, zeigte sein schreckliches Heer.“

Ähnliche Anschauungen zeigen uns die Gesänge Homers und Vergils, wo wir z. B. in der Iliade IV lesen:

„— Ihr gehorchte der Vater des Menschengeschlechts und der Götter,
Wandte sich schnell zur Athen' und sprach die geflügelten Worte:
Eile sofort in das Heer der Troer hinab und Achaier;
Daß du versuchst, ob die Troer die siegesstolzen Achaier
Etwa zuerst anfahn zu beleidigen wider den Eidschwur.
Also Zeus, und erregte die schon verlangende Göttin;
Stürmendes Schwungs entflog sie den Felsenhöhn des Olympos.
Gleich wie ein Stern, gesendet vom Sohn des verborgenen Kronos,
Schiffenden, oder dem Heere gewaffneter Völker zum Zeichen,
Strahlend brennt, und im Flug' unzählige Funken umhersprüht:
Also senkt hineilend zur Erde sich Pallas Athene

Zwischen die Paare hinab; und Staunen ergriff, die es ansahn,
Rossebezähmende Troer und hellumschiente Achaier."

Und in den „Ländlichen Gedichten" I:

„Damals zwar gab selber die Erd', und die Fluten des Meeres,
Auch wehdrohende Hund', und unwillkommene Vögel,
Zeichen genug. Wie oft auf die Äcker umher der Cyklopen
Sahn wir im Schwall vorbrausen aus berstender Esse den Aetna,
Dem rotflammende Bäll' und geschmolzene Felsen entrollten!
Klirrende Waffen vernahm Germania rings in des Aethers
Regem Gewölk; ungewohnter Erschütterung bebten die Alpen.
Auch ein häufiger Ruf durchscholl die schweigenden Haine
Machtvoll, und die Gebild' in gräßlicher Todesblässe
Schwebeten durch Nachtdunkel; es redeten Tiere des Feldes,
Schauerlich! Ström' auch stehn, es zerspaltet das Land, ja vor Wehmut
Thränet das Elfenbein und schwitzet das Erz in den Tempeln.
Hoch auf schwoll, und, drehend in mutigem Strudel die Wälder,
Trug der König der Ström' Eridanus durch die Gefilde
Weit mit den Ställen die Heerden umher. Auch rostete nimmer
Traurigem Eingeweide der drohenden Fibern Erscheinung,
Noch den Brunnen die Ader des rötenden Blutes; und tief auch
Hallten in Mitternacht von heulenden Wölfen die Städte.
Niemals sonst entzuckten dem heitern Himmel so viele
Leuchtungen; niemals brannten so oft grauenvolle Kometen."

Hierin sprechen sich die Ansichten über die Bedeutung der Kometen aus, aber man fragte sich auch, wie sie entstanden, sich bildeten. Manche sehen sie als Wolkengebilde, als nur optische Täuschungen an, nach anderen waren die Kometen Seelen berühmter Verstorbener und auf dem Wege von der Erde zum Firmament begriffen, von wo herab sie nicht als Kometen, sondern als ewige Sterne leuchteten. So lange jene noch auf Erden wandelten, beglückten sie das Menschengeschlecht, wendeten durch ihre Macht und Weisheit seine Plagen ab, mit ihrem Entschwinden brachen letztere herein.

Von den Ansichten der großen Philosophen des Altertums erwähnen wir zunächst noch die des Aristoteles; so falsch sie waren, sie erhielten sich doch zweitausend Jahre lang, oder tauchten wenigstens immer wieder in neuer Begründung auf. Nach

Aristoteles ist unsere Erde von drei verschiedenen Luftregionen umgeben, die untere, in der wir uns befinden und die wir einatmen, ist die uns am besten bekannte, sie ist an die Erde gebunden und vermag sich nicht von ihr zu entfernen. Die zweite Region ist sehr kalt, Geschöpfe halten sich in ihr nicht mehr auf, aber sie ist, wie die erste, an die Unbeweglichkeit der Erde gebunden. Die dritte endlich, wegen der Nähe der feurigen Region weniger kalt, nimmt schon an der allgemeinen Bewegung des primum mobile, der 24stündigen des ganzen Himmels, Anteil und unterscheidet sich dadurch wesentlich von den beiden anderen; beständig steigen Dünste aus der Erde auf, sind diese Dünste heiß und trocken, so können sie bis in die oberste Luftregion gelangen, wo der rasche Umschwung sie ergreift, fortführt und dadurch auch leicht zusammenballt und verdichtet. Die rasche Bewegung, vielleicht auch die Nähe der Feuerregion oder die Wirkung der Sonne und der übrigen Gestirne läßt diese Massen in Brand geraten und so werden sie als Kometen der Erde sichtbar. Andere Dünste von gleicher Natur steigen beständig auf vereinigen sich mit dem Kometen, unterhalten und verstärken seinen Brand, endlich hat er die Erde erschöpft und ausgesogen, sie kann ihm keine Nahrung mehr bieten, und so verlischt nach und nach der Komet.

Nach dieser aristotelischen Ansicht konnte sich der Komet natürlich nur in der Nähe der Erde aufhalten, selbst nicht über die Mondentfernung hinausgehen. Er hatte mit den Wolken gemeinsamen Ursprung, gehörte also nicht in die Reihe der Weltkörper. Ganz andere Gedanken hatte Seneca. „Ich kann mich nicht überzeugen“, sagt er, „daß der Komet ein vor kurzem ausgebrochenes Feuer sei; er ist gewiß ein bleibendes Werk der Natur. Was sich in der Luft erzeugt, hat keine Dauer, denn sein Element ändert sich unaufhörlich. Wie könnte beständig sein, was aus und in der Luft gebildet ist? Feurige Meteore, die wir in der Luft sehen, ziehen geradlinig fort, die Kometen, mindestens die beiden zu unserer Zeit erschienenen (wie die früheren sich ver-

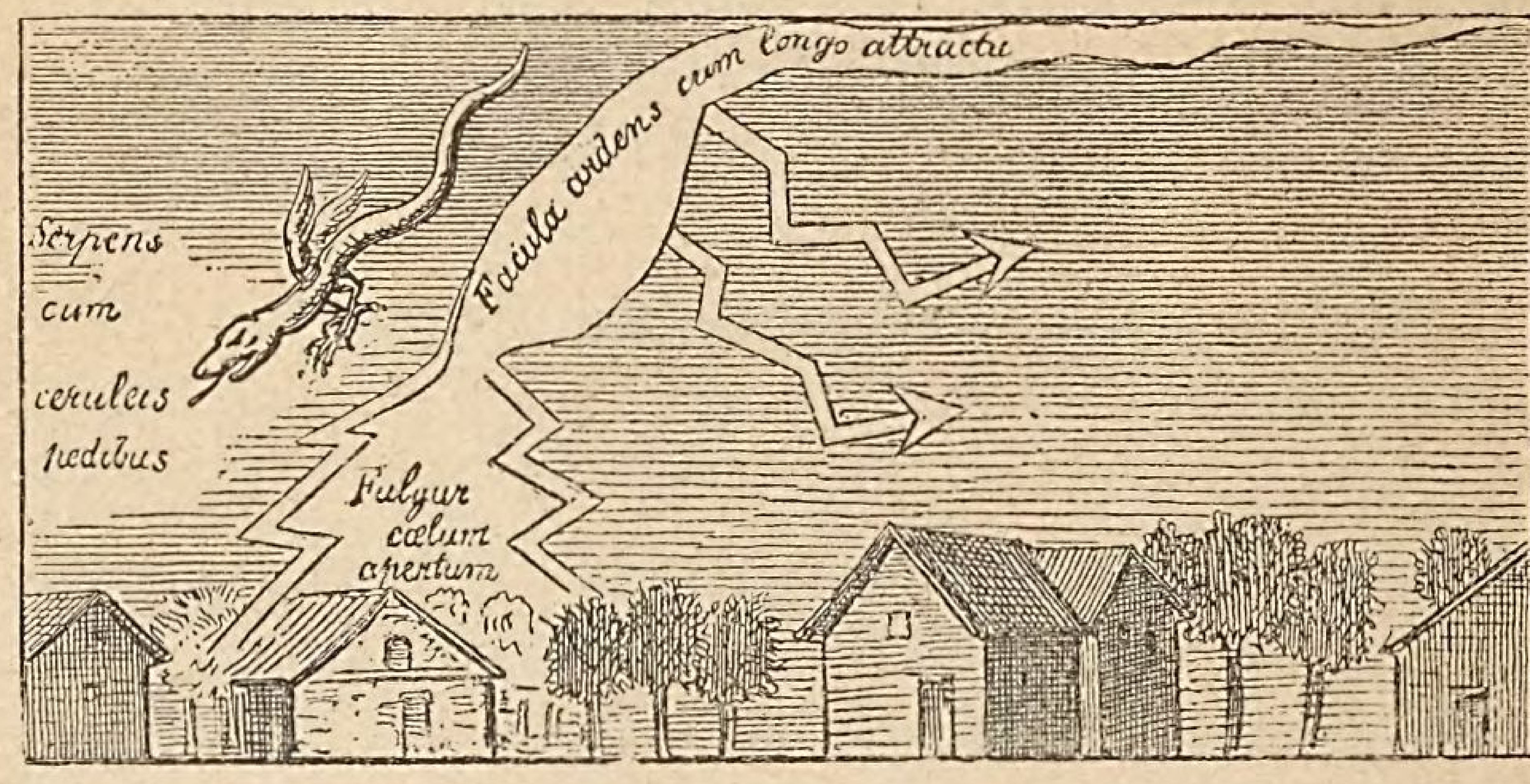
hielten, weiß ich nicht) folgen der allgemeinen nur den Gestirnen eigenen Kreisbewegung. Was dem Zufall sein Entstehen verdankt, die Meteore, der Blitz, die Sternschnuppen, vergeht so schnell wie es kommt. Wäre der Komet durch irgend eine vorübergehende Ursache ein Feuer, müßte sich dann nicht seine Größe und Gestalt in jedem Augenblick ändern? Er nimmt seinen Platz unter den übrigen Gestirnen ein, er hört nicht auf zu sein, sondern er vollführt seinen Lauf; verschwindet er uns, so ist er nicht erloschen, er hat sich nur weiter entfernt. Man wird mir vielleicht einwenden, daß, wenn die Kometen zu den Wandelsternen gehörten, sie sich innerhalb des Zodiakus halten müßten. Allein, wer hat dem Tierkreise die Grenzen gesetzt und wer will die Werke Gottes beschränken? Die Planeten haben auch nicht alle denselben Lauf; warum soll es nicht noch andere Wandelsterne geben, die einen noch ganz verschiedenen haben? Sollen die großen Räume außerhalb des Tierkreises ohne alles Leben und Bewegung sein? Der Größe des Universums ist es weit angemessener, daß sich überall im Raume Bahnen befinden, als daß unter so vielen, welche den nächtlichen Himmel schmücken, fünf Sterne, (nämlich Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn) das alleinige Privilegium der Bewegung innerhalb eng beschränkter Grenzen gewährt sei. Aber, fragt man mich weiter, warum kann man dann den Lauf der Kometen nicht wie den der Planeten bestimmen? Aber wieviele Wahrheiten sind uns denn erschlossen? Niemand wird die Existenz seiner eignen Seele leugnen und dennoch wird niemand behaupten, das Wesen der Seele erklären oder den Ort des Körpers angeben zu können, wo sie sich befinde. Wenn nun so der Mensch sich selbst nicht genau kennt, ist es zu verwundern, wenn er von den Dingen außer ihm noch weniger weiß? Wundern wir uns also nicht länger, daß die Gesetze der Bewegung der Kometen noch nicht erforscht sind; sie erscheinen so selten, ihre Rückkehr läßt sich so lange Zeit erwarten, daß es für uns, die wir uns kaum rühmen können, die Ursachen der Finsternisse erforscht zu haben, unmöglich ist, eine

genaue Kenntnis der Kometen zu besitzen, die aus so unermeßlichen Fernen zu uns herniedersteigen. Der Tag wird anbrechen, wo eine beharrliche Forschung dahin gelangt sein wird, die Wahrheiten zu entschleiern, die uns jetzt noch verborgen sind. Das Leben Eines Menschen, und wenn er es ganz und gar der Beschauung des Himmels widmete, ist viel zu kurz für diese tiefen Untersuchungen. Wie viel mehr noch muß es unzureichend sein bei uns, die wir eine so sehr ungleiche Lebensdauer und so mancherlei verschiedene Beschäftigungen haben. Die Folge der Jahrhunderte wird alles offenbaren und eine Zeit wird erscheinen, wo unsere Nachkommen sich wundern werden, wie so klare, so einfache, so natürliche Gesetze uns verborgen bleiben konnten!"

So spricht der Philosoph des ersten Jahrhunderts, und doch konnte sich die Meinung der Ausdünstungen in Verbindung mit abenteuerlichsten Abbildungen u. s. w. erhalten! In den Chroniken finden wir ohne weiteres Kometenerscheinungen und Unglücksberichte nebeneinander stehen, als ob sie zusammengehörten. Mit unglaublicher Naivität finden sich auch eingehende Erzählungen. Es genüge ein Beispiel aus dem späteren Mittelalter. In einer französischen Chronik heißt es: „Anfangs Juli, in der ersten Hälfte, erschien am Himmel ein sogenannter Komet, ein Zeichen für die Erschütterung des Königreichs, denn König Philipp lag bereits lange in Mantua am Fieber krank darnieder und starb am 14. Juli 1223." Auch die beigefügten Abbildungen geben Zeugnis für die Anschauungen damaliger Zeit; sie zeigen, wie die aufgeregte Phantasie der erschreckten und geängsteten Gemüter die unglaublichsten Dinge zu sehen meinte (Fig. 61, 62). Ähnliches erleben wir in unseren Zeiten, wenn auch die Gelehrten in jeder Weise das Volk aufzuklären versuchen, es gelingt dies, wie gesagt, in zu vielen Fällen nicht. In der Revue des deux mondes vom 1. Juli 1873 befindet sich ein Aufsatz „la grande armée à Moscou d'après les témoignages moscovites". In demselben wird folgendes erzählt: „Aus ganz anderen Ursachen

als aus dem Wechsel diplomatischer Noten hatte man das Vorgefühl einer herannahenden Katastrophe. Der berühmte Komet des Jahres 1811 war für die Einwohner Moskaus der erste Bote. Wir hören, wie sich die Äbtissin des Nonnenklosters Diewitchi Monastir und die Nonne Antonina darüber unterhalten: Eines Abends, als wir zu einem Gottesdienst in die Kirche der Enthauptung Johannis gingen, bemerkte ich plötzlich an der anderen Seite der Kirche eine Garbe glänzender Flammen. Ich

Fig. 61.



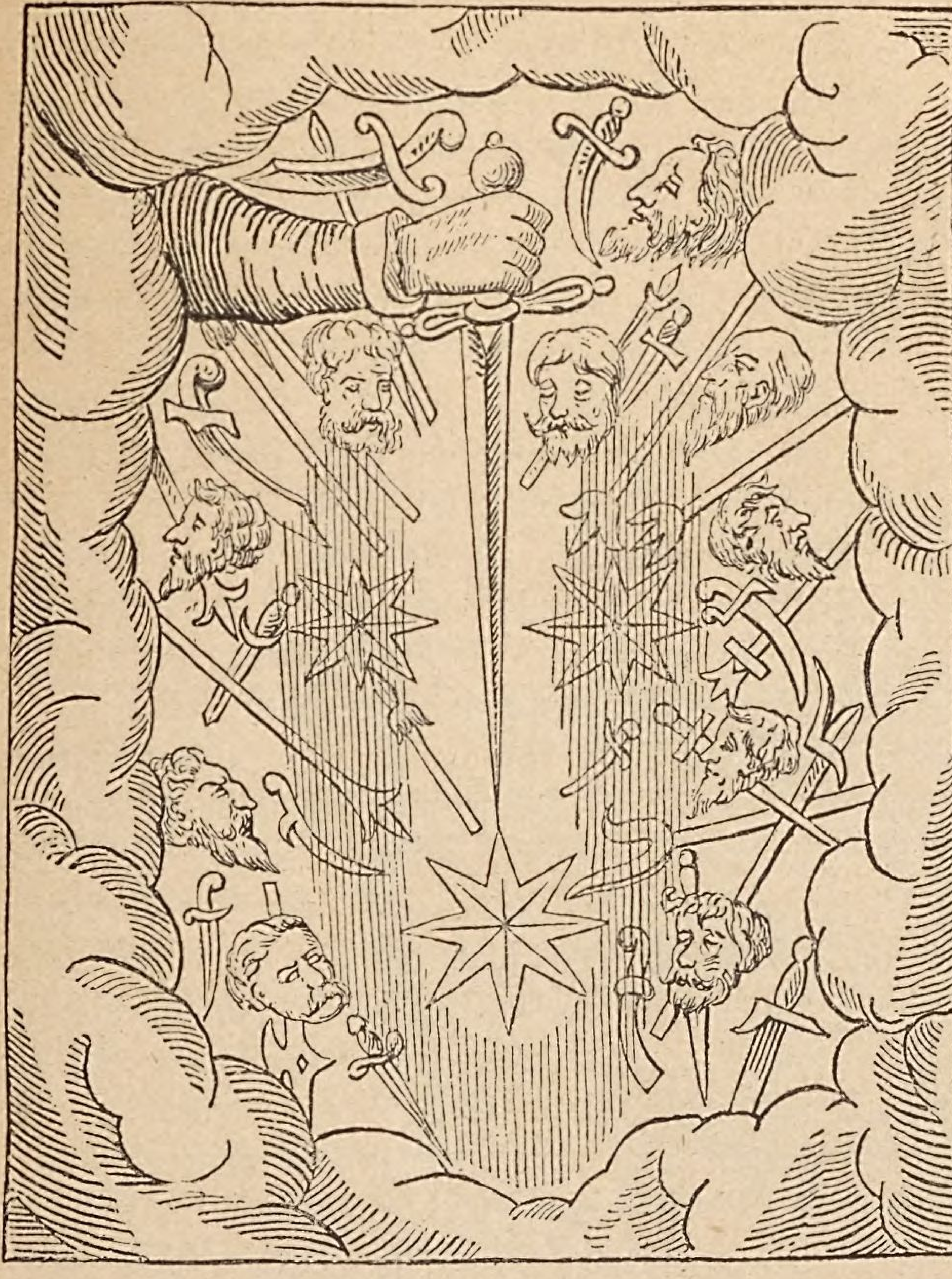

Kometenerscheinung aus dem Jahre 1000.

stieß einen Schrei aus und ließ die Lampe fallen, die Äbtissin kam zu mir und frug, was mir fehle. Dann trat sie drei Schritte weiter, bemerkte ebenfalls das Meteor und betrachtete es lange Zeit. Ich frug sie: „Matuschka, welcher Stern ist das?“ Sie antwortete: „Das ist kein Stern, das ist ein Komet.“ Dann frug ich weiter: „Aber was ist ein Komet, ich habe das Wort niemals gehört?“ Die Mutter entgegnete: „Das sind Himmelszeichen, die Gott uns vor großen Unglücksfällen zusendet.“ Alle Abende leuchtete dieser Komet am Himmel und wir alle frugen uns: „Welches Unheil wird er bringen?“

Genug dieser Erzählungen. Sobald die wahre Bewegung der Kometen, wie wir wissen, zuerst durch den Prediger Dörffel erkannt worden war, konnte wenigstens die Theorie der aufsteigen-

den Dünste nicht mehr festgehalten werden und über die wahre Natur bildeten sich nach und nach die gesunderen Ansichten. Allerdings wuchs mit der Vervollkommnung der optischen Hilfs-

Fig. 62.



Kometenerscheinung im Jahre 1528.

mittel auch wieder die Schwierigkeit in der Erklärung, denn wir haben ja gesehen, welche eigentümliche Wahrnehmungen Bessel schon an dem Halleyschen Kometen machte und wie sie seitdem

zu häufigen Malen wieder gemacht worden sind. Die Schweifentwickelungen, die Vorgänge am Kopf des Kometen, namentlich bei starker Annäherung an die Sonne, bieten für die Erklärung in der That auch jetzt noch Hemmnisse. Es hat namentlich in neuester Zeit nicht an Versuchen verschiedener Art gefehlt, es sind Theorieen von Tyndall, Zenker u. a. aufgestellt worden, welche nicht geringe Verbreitung fanden, die sich aber trotzdem als unhaltbar erwiesen. Am meisten wird Zöllner allen Erscheinungen durch seine Theorie gerecht, wenngleich auch ihr noch eine Hypothese anhaftet, die erst in anderer Weise gestützt werden muß. Wir begnügen uns, im folgenden das wesentlichste aus dieser Theorie dem Leser mitzuteilen.

Ein Komet besteht vorzugsweise aus flüssiger Meteormasse, welche, solange nicht die Strahlung eines Fixsternes überwiegt, die Temperatur des Weltraums (die nach Pouillet — 142° C. beträgt) annimmt. Kommt nun die Masse in den Bereich eines größeren Fixsterns, z. B. unserer Sonne, so wird zunächst die der Wärmequelle ausgesetzte Seite erwärmt werden und es müssen hier Verdampfungsprozesse stattfinden, während die auf der entgegengesetzten Seite befindlichen Teile nicht erwärmt werden können. Diese flüssige Masse wird sich uns alsdann als ein von einer Dunsthülle umgebener Körper zeigen, die Dunsthülle entwickelt sich fortdauernd von der der Sonne zugewandten Seite aus. Sind die Massen klein, so werden sie sich schon in größerer Entfernung von der Sonne vollständig in Dampfkugeln verwandeln und dann keine wesentlichen Unterschiede mehr auf der der Sonne zu- und abgewandten Seite zeigen können, wie dies in der That die teleskopischen Kometen in den meisten Fällen auch nicht thun. Die teleskopischen Kometen haben ja, wie wir wissen, fast sämtlich ein gasförmiges Linienspektrum ergeben, und zwar hat die Lage der Linien eine Übereinstimmung mit den Kohlenwasserstoffen erkennen lassen. Da nun letztere unter den kosmischen Flüssigkeiten eine hervorragende Rolle spielen, so können die Spektren der Kometen auch nur solche sein, welche den Dämpfen

dieser Stoffe angehören. Allerdings stehen der Annahme, daß die Kometen nur aus glühendem Gas bestehen, Schwierigkeiten entgegen. Infolge ihrer Elastizität würde sich eine solche Masse über alle Grenzen ausdehnen, wenn sie sich an einem Orte befindet, wo wie im Himmelsraum kein sie einschränkender Druck besteht. Außerdem kann aber nach unseren jetzigen Erfahrungen ein Gas nur selbständig leuchten, wenn es sich im Zustande sehr hoher Temperatur befindet, die aber bei der großen Entfernung in welcher sich die Kometen meistens noch von der Sonne befinden, nicht durch letztere bewirkt werden kann. Bei den helleren Kometen hat sich in den meisten Fällen, ganz besonders auffallend bei den letztbeobachteten großen Kometen, als sie der Sonne so sehr nahe kamen, neben dem Linienspektrum auch ein kontinuierliches gezeigt, so daß die Kometen darnach aus einer Verbindung fester und gasförmiger Stoffe bestehen. Über die Spektren der Kometen ist ja in einem besonderen Kapitel näheres mitgeteilt worden. Zöllner erklärt nun die oft auch bei den großen Kometen beobachteten Lichterscheinungen durch elektrische Vorgänge in dem Kopf des Kometen; er findet hierin auch den Schlüssel zu allen sonst so rätselhaften Schweif- und Lichtausströmungserscheinungen, und wir haben ja gesehen, daß auch von anderen Astrophysikern die beobachteten Veränderungen in den Spektren auf solche Ursachen zurückgeführt werden. Olbers führte bereits das Bestreben der Schweifmaterie, sich vom Kern wie von den Sonne zu entfernen, auf eine Repulsivkraft der Sonne und des Kernes zurück, und ebenso wurde Bessel bei der Beobachtung des Halleyschen Kometen auf die Annahme polarer repulsiver Kräfte geleitet. Neuerdings hat nun Bredichin in Moskau auf Grund der Besselschen Anschauungen über die abstoßende Kraft der Sonne gegen die Kometenschweife eine Theorie der Schweife weiter ausgebildet, wonach es ihm gelingt, ihre Entwickelung an der Hand der Rechnung nachzuweisen. Vieles in der Erscheinung der Kometen bleibt unseren Anschauungen aber immer noch ganz unerschlossen; wir kennen die außerordentlich geringe Masse und

Dichtigkeit der Körper, wir wissen, welche fabelhaften Räume mit den Schweifbildungen angefüllt werden, welche Veränderungen im Kometen selbst bei Annäherung an die Sonne vor sich gehen, wir beobachten bei den periodischen Kometen ein regelmäßiges Wiederkehren, ohne daß die wahrgenommenen Umwälzungen der früheren Erscheinungen bleibend geworden wären; wir wissen den Zusammenhang mit den Sternschnuppen und dürfen wohl annehmen, daß, wenn wir durch Kometenteile (abgesehen vom Kern) hindurchgingen, uns ein Sternschnuppenschauer erfreuen würde — welcher Art aber die Wirkung sein würde, wenn ein Kern, dessen Ausdehnung bei zunehmender Annäherung immer geringer wird, mit uns in Kollision käme, bleibt uns wiederum verschlossen. Auf Grund unserer jetzigen Beobachtungen könnten wir wohl zu dem Schluß kommen, daß uns über alle Erscheinungen der Kometen noch eher der Schleier gelüftet werden würde, als über die Folgen eines solches Zusammenstoßes, weil vielleicht wenige Momente nach der Katastrophe alles menschliche Leben mitsamt dem von uns bewohnten Himmelskörper selbst vernichtet wäre. Damit jedoch der Leser nicht mit einem Gefühl der Angst und Furcht von diesem Büchlein scheidet, wollen wir zum Schluß noch das Resultat der Berechnungen mitteilen, welches Olbers bei Gelegenheit des Bekanntwerdens der Bahnnähe des Bielaschen Kometen über die Möglichkeit des Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde überhaupt erhielt. Unter Zugrundelegung der durch die Beobachtung nachgewiesenen Thatsache, daß jährlich etwa zwei Kometen zu ihrer innerhalb der Erdbahn gelegenen Sonnennähe kommen, ergiebt sich, daß nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung etwa in 220 Millionen Jahren einmal ein Komet mit der Erde zusammentreffen könnte; darin ist allerdings die M ö g l i c h k e i t des Zusammenstoßes ausgesprochen — und wer wollte denn auch eine solche bestreiten — aber das Eintreffen ist so unwahrscheinlich, daß es wohl niemandem einfallen möchte, sich über diese Eventualitäten einer Sorge hinzugeben.

---

# Tabelle I.

## Radiationen der Sternschnuppen.

| Zeit | Rectasc. des Radiationspunktes | Declin. des Radiationspunktes | Sternbild oder nächster Stern | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| Januar | 57° | —12° | γ Eridani | |
| Januar — Februar | 170 | + 8 | σ Leonis | recht deutlich. |
| Januar 2/3. | 231 | +49 | Hercules | Quadrantiden. |
| Febr. 3. — März 31. | 158 | +29 | Leo minor | deutlich. |
| Jan. 8. — März 31. | 175 | +14 | β Leonis | |
| März 18/19. | 157 | +13 | α Leonis | |
| März — April | 180 | +60 | δ Urs. maj. | sehr bestimmt. |
| März 27. — Mai 29. | 227 | — 5 | β Librae | ausgedehnt. |
| März 7. | 233 | —18 | γ Librae | lebhaft. |
| März 7. | 244 | +15 | γ Herculis | lebhaft. |
| März 1—15. | 300 | +80 | χ Cephei | große und langsame Meteore. |
| April — Mai | 208 | — 6 | ι Librae | gut bestimmt, lebhaft. |
| April 9—18. | 258 | +37 | τ Herculis | gut bestimmt, lebhaft. |
| April 18—20. | 274 | +34 | α Lyrae | Lyraiden = Komet I. 1861. |
| April 21. | 283 | +59 | ο Draconis | Draconiden. |
| April — Juli | 240 | +25 | ε Coronae | ausgedehnter Schwarm. |
| April — Juni | 289 | +80 | ϰ Cephei | deutlich. |
| Juni — August | 315 | +60 | η, α Cephei | Cepheiden. |
| Juni — September | 319 | +32 | ξ Cygni | Cygniden. |
| Juni — August | 335 | +12 | ξ Pegasi | lebhaft. |
| Juli — Augnst | 8 | +36 | π Androm. | lebhaft. |
| Juli 23. — Aug. 20. | 45 | +56 | η Persei | Perseiden, Maxim. Aug. 9—11. |
| Juli 29. — Sept. 6. | 165 | +53 | β Urs. maj. | deutlich. |
| Juli 9—31. | 242 | +66 | ξ, η Dracon. | lebhaft. |
| Juli — August | 310 | +47 | α Cygni | lebhaft. |
| Jnli 16. — August 31. | 340 | — 8 | ϰ, λ Aquarii | Aquariden, lebhaft. |
| Juli — August 25. | 345 | +25 | β Pegasi | Pegasiden. |
| Juli — August | 280 | +58 | ο Dracon. | bestimmt. |
| Juli — August | 335 | +67 | β Cephei | bestimmt. |
| August | 340 | +15 | α Pegasi | ausgedehnt. |
| Sept. — Oktober | 17 | +55 | δ, ϑ Cassiop | ausgedehnt. |
| Sept. 13 — 15. | 65 | + 6 | μ Tauri | lebhaft. |
| Sept. — Oktober | 80 | + 9 | λ Orionis | deutlich. |
| Sept. — November | 86 | +51 | δ Aurigae | ausgedehnt |
| August — September | 285 | +44 | π Lyrae | lebhaft. |
| Sept. — Oktober | 310 | +65 | ϱ Dracon. | bestimmt. |
| Oktober — November | 28 | + 8 | ο Piscium | lebhaft. |
| Oktober 8 — 27. | 75 | +32 | β Tauri | sehr bestimmt. |
| Oktober — November | 90 | +15 | ν Orionis | Orioniden. |
| Oktober — November | 108 | +26 | ι Geminorum | |
| Oktober — November | 130 | +48 | ϰ Urs. maj | lebhaft und ausgedehnt. |

| Zeit | Rectasc., Declin. des Radiationspunktes | | Sternbild oder nächster Stern | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| Oktob. 25. — Nov. 21. | 60° | + 18° | ε Tauri | Tauriden. |
| Nov. 21. — Dez. 30. | 106 | + 32 | α Geminor. | Geminiden. |
| November 7. | 124 | + 4 | δ Hydrae | sehr bestimmt. |
| November 13—15. | 149 | + 22 | γ Leonis | Leoniden. |
| Nov. 25. — Dez. 13. | 208 | + 43 | η Urs. maj. | |
| Dezember 7—11. | 109 | + 20 | ξ Geminorum | |

## Tabelle II.

## Bahnelemente der Kometen.

| Nummer | T Jahr Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name d. Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | v. Chr. Alter Stil. | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 1 | 371 Winter | 150—210 | 270—330 | über 30 | klein | | | | R | |
| 1[a] | 137 April 29 | 230 | 220 | 20 | 1.010 | | | | R | |
| 1[b] | 69 Juli | 315 | 165 | 70 | 0.79 | | | | D | |
| 1[c] | 12 Oktbr. 8.8 | 280 | 28 | 10 | 0.583 | | | | R | |
| | n. Chr. | | | | | | | | | |
| 1[d] | 66 Jan. 14.2 | 325.0 | 32.7 | 40.5 | 0.445 | | | | R | |
| 1[e] | 141 März 29.1 | 251.9 | 12.8 | 17.0 | 0.720 | | | | R | |
| 1[f] | 240 Nov. 10.0 | 271.0 | 189.0 | 44.0 | 0.372 | | | | D | |
| 2 | 539 Okt. 20.6 | 313.5 | 58 od. 238 | 10.0 | 0.341 | | | | D | |
| 3 | 565 Juli 14.5 | 80.0 | 159.5 | 59.0 | 0.832 | | | | R | |
| 4 | 568 Aug. 29.3 | 318.6 | 294.2 | 4.1 | 0.907 | | | | D | |
| 5 | 574 April 7.3 | 143.6 | 128.3 | 46.5 | 0.963 | | | | D | |
| 6 | 770 Juni 6.6 | 2.1 | 88.9 | 59.5 | 0.603 | | | | R | |
| 7 | 837 März 1.0 | 289.0 | 206.5 | 10 od. 12 | 0.580 | | | | R | |
| 8 | 961 Dez. 30.2 | 268.0 | 350.6 | 79.5 | 0.552 | | | | R | |
| 9 | 989 Sept. 12.0 | 264.0 | 84.0 | 17.0 | 0.568 | | | | R | |
| 10 | 1066 April 1.0 | 264.9 | 25.8 | 17.0 | 0.720 | | | | R | |
| 10[a] | 1092 Febr. 15.0 | 156.3 | 125.7 | 28.9 | 0.928 | | | | D | |
| 11 | 1097 Sept. 21.9 | 332.5 | 207.5 | 73.5 | 0.738 | | | | D | |
| 12 | 1231 Jan. 30.3 | 134.8 | 13.5 | 6.1 | 0.948 | | | | D | |
| 13 | 1264 Juli 19.8 | 300.5 | 140.9 | 16.5 | 0.825 | | | | D | |
| 14 | 1299 März 31.3 | 3.3 | 107.1 | 68.9 | 0.318 | | | | R | |
| 15 | 1301 Okt. 24.0 | 312.0 | 138.0 | 13.0 | 0.640 | | | | R | |
| 16 | 1337 Juni 15.1 | 2.3 | 93.0 | 40.5 | 0.828 | | | | R | |
| 17 | 1351 Nov. 26.5 | 69.0 | unbestimmt | | 1.00 | | | | D | |

| Nummer | Jahr | T | Tag | π | Ω | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n. Chr. | Alter Stil | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 18 | 1362 | März | 2.3 | 227.0 | 237.0 | 32.0 | 0.470 | | | | R | |
| 18 a | 1366 | Okt. | 13.0 | 66.0 | 212.0 | 6.0 | 0.958 | | | | D | |
| 19 | 1378 | Nov. | 8.8 | 299.5 | 47.3 | 17.9 | 0.583 | | | | R | |
| 20 | 1385 | Okt. | 16.3 | 101.8 | 268.5 | 52.2 | 0.774 | | | | R | |
| 21 | 1433 | Nov. | 4.4 | 281.0 | 133.8 | 79.0 | 0.339 | | | | R | |
| (19) | 1456 | Juni | 8.9 | 301.0 | 48.5 | 17.9 | 0.586 | | | | R | |
| 21 a | 1457 | Sept. | 3.7 | 92.8 | 256.1 | 20.3 | 2.103 | | | | D | |
| 22 | 1468 | Okt. | 7.4 | 356.0 | 61.2 | 44.3 | 0.853 | | | | R | |
| 23 | 1472 | Febr. | 28.2 | 48.0 | 207.5 | 1.9 | 0.565 | | | | R | Regiomontanus |
| 24 | 1490 | Dez. | 24.5 | 58.7 | 288.7 | 51.6 | 0.738 | | | | D | |
| 24 a | 1491 | Jan. | 4.9 | 113.0 | 268.0 | 75.0 | 0 755 | | | | R | |
| 25 | 1506 | Sept. | 3 7 | 250.6 | 132.8 | 45.0 | 0.386 | | | | R | |
| (19) | 1531 | Aug. | 25.8 | 301.2 | 45.5 | 17.0 | 0.580 | 17.75 | 75.0 | 0.976 | R | Apianus |
| 26 | 1532 | Okt. | 18.3 | 111.8 | 87.4 | 32.6 | 0.519 | | | | D | Fracastor |
| 27 | 1533 | Juni | 14.9 | 217.7 | 299.3 | 28.2 | 0.327 | | | | D | |
| 27 a | 1556 | April | 22.2 | 276.1 | 175.2 | 32.4 | 0.491 | | | | D | |
| 28 | 1558 | Aug. | 10.5 | 329.8 | 332.6 | 73.5 | 0.577 | | | | R | |
| 29 | 1577 | Okt. | 27.0 | 129.7 | 25.3 | 75.2 | 0.177 | | | | R | Tycho |
| 30 | 1580 | Nov. | 28.5 | 108.4 | 19.1 | 64.6 | 0.602 | | | | D | Mästlin. |
| 31 | 1582 | Mai | 6 4 | 256.3 | 229.3 | 60.8 | 0.168 | | | | R | Tycho |
| | n. Chr. | Neuer Stil. | | | | | | | | | | |
| 32 | 1585 | Okt. | 8.0 | 9.1 | 37.7 | 6.1 | 1.095 | | | | D | Wilh. IV. v. Hessen |
| 33 | 1590 | Febr. | 8.0 | 218.0 | 165.6 | 29.5 | 0.568 | | | | R | Tycho |
| 34 | 1593 | Juli | 18.6 | 176.3 | 164.2 | 88.0 | 0.089 | | | | D | Ripensis |
| 35 | 1596 | Juli | 25.2 | 270.9 | 330.3 | 52.0 | 0.567 | | | | R | |
| (19) | 1607 | Okt. | 26.7 | 301.6 | 48.7 | 17.2 | 0 588 | | | | R | Harriot |
| 36 | 1618 | Aug. | 17.1 | 318.3 | 293.4 | 21.5 | 0.513 | | | | D | Kepler |
| 37 | 1618 | Nov. | 8.4 | 3.1 | 75.7 | 37.2 | 0.390 | | | | D | Kirch |
| 38 | 1652 | Nov. | 12.7 | 28.3 | 88.2 | 79.5 | 0.847 | | | | D | Hevel |
| 39 | 1661 | Jan. | 26.9 | 115.3 | 81.9 | 33.0 | 0.443 | | | | D | Hevel |
| 40 | 1664 | Dez. | 4.5 | 130.7 | 81.3 | 21.3 | 1.026 | | | | R | |
| 41 | 1665 | April | 24.2 | 71.9 | 228.0 | 76.1 | 0.106 | | | | R | Hevel |
| 42 | 1668 | Febr. | 28.8 | 277.0 | 357.3 | 36.0 | 0.005 | | | | R | Aegidius |
| 43 | 1672 | März | 1.4 | 47.0 | 297.5 | 83.4 | 0.697 | | | | D | |
| 44 | 1677 | Mai | 6.0 | 137.6 | 236.8 | 79.1 | 0.281 | | | | R | Hevel |
| 45 | 1678 | Aug. | 18.7 | 322.8 | 163.3 | 2.9 | 1.145 | 3.070 | 5.38 | 0.627 | D | Lahire |
| 46 | 1680 | Dez. | 18.0 | 262.8 | 272.2 | 60.7 | 0.006 | 426.7 | 8810 | 1.000 | D | Kirch |
| (19) | 1682 | Sept. | 14.8 | 301.9 | 51.2 | 17.7 | 0.583 | 18.17 | 77.5 | 0.968 | R | |
| 47 | 1683 | Juli | 12.7 | 86.5 | 173.3 | 83.8 | 0.553 | 33.03 | 190 | 0.983 | R | Flamsteed |
| 48 | 1684 | Juni | 8.4 | 238.9 | 268.2 | 65.8 | 0.960 | | | | D | Bianchini |
| 49 | 1686 | Sept. | 16.6 | 77.0 | 350.6 | 31.4 | 0.325 | | | | D | |
| 50 | 1689 | Nov. | 29.2 | 269.7 | 90.4 | 59.1 | 0.019 | | | | R | Richaud |
| 51 | 1695 | Nov. | 9.7 | 60.0 | 216.0 | 22.0 | 0.844 | | | | D | Jacob |
| 52 | 1698 | Okt. | 18.7 | 270.9 | 267.7 | 11.8 | 0.691 | | | | R | Lahire |
| 53 | 1699 | Jan. | 13.4 | 212.5 | 321.8 | 69.3 | 0.744 | | | | R | de Fontenay |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 54 | 1701 Okt. | 17.4 | 133.7 | 298.7 | 41.6 | 0.593 | | | | R | Pallu |
| 55 | 1702 März | 13.6 | 138.8 | 189.0 | 4.4 | 0.647 | | | | D | Bianchini |
| 56 | 1706 Jan. | 30.2 | 72.6 | 13.2 | 55.2 | 0.427 | | | | D | Cassini |
| 57 | 1707 Dez. | 12.0 | 79.9 | 52.8 | 88.6 | 0.860 | | | | D | Manfredi |
| 58 | 1718 Jan. | 14.9 | 121.7 | 127.9 | 31.1 | 1.025 | | | | R | Kirch |
| 59 | 1723 Sept. | 27.6 | 42.9 | 14.2 | 50.0 | 0.999 | | | | R | |
| 60 | 1729 Juni | 12.8 | 320.5 | 310.6 | 77.1 | 4.043 | | | | D | P. Sarabat |
| 61 | 1737 Jan. | 30.4 | 325.9 | 226.4 | 18.3 | 0.223 | | | | D | |
| 62 | 1737 Juni | 8.3 | 262.6 | 123.9 | 39.2 | 0.867 | | | | D | |
| 63 | 1739 Juni | 17.4 | 102.6 | 207.4 | 55.7 | 0.674 | | | | R | Zanotti |
| 64 | 1742 Febr. | 8.6 | 216.7 | 185.2 | 67.5 | 0.770 | | | | R | Grant |
| 65 | 1743 Jan. | 10.9 | 93.0 | 67.5 | 2.3 | 0.838 | | | | D | Grischow |
| 66 | 1743 Sept. | 20.9 | 246.6 | 5.3 | 45.8 | 0.522 | | | | R | Klinkenberg |
| 67 | 1744 März | 1.3 | 197.2 | 45.8 | 47.3 | 0.222 | | | | D | Klinkenberg |
| 68 | 1747 März | 3 3 | 277.0 | 147.3 | 79.1 | 2.199 | | | | R | Chéseaux |
| 69 | 1748 April | 28.8 | 215.4 | 232.9 | 85.5 | 0.840 | | | | R | |
| 70 | 1748 Juni | 18.9 | 278.8 | 33.1 | 67.1 | 0.625 | | | | D | Klinkenberg |
| 71 | 1757 Okt. | 21.4 | 122.6 | 214.1 | 12.7 | 0.339 | | | | D | Bradley |
| 72 | 1758 Juni | 11.1 | 267.6 | 230.8 | 68.3 | 0.215 | | | | D | de la Nux |
| (19) | 1759 März | 12.6 | 303.2 | 53.8 | 17.6 | 0.585 | 18.09 | 76.9 | 0.968 | R | Palitzsch |
| 73 | 1759 Nov. | 27.1 | 53.4 | 139.7 | 79.0 | 0.799 | | | | D | Messier |
| 74 | 1759 Dez. | 16.5 | 139.1 | 79.3 | 4.7 | 0.962 | | | | R | |
| 75 | 1762 Mai | 28.3 | 104.0 | 348.6 | 85.6 | 1.009 | | | | D | Klinkenberg |
| 76 | 1763 Nov. | 1.9 | 85.0 | 356.3 | 72.6 | 0.498 | 109.0 | 1137 | 0.995 | D | Messier |
| 77 | 1764 Febr. | 12.6 | 15.2 | 120.1 | 52.9 | 0.555 | | | | R | Messier |
| 78 | 1766 Febr. | 17.4 | 143.3 | 244.2 | 40.8 | 0.505 | | | | R | Messier |
| 79 | 1766 April | 27.0 | 251.2 | 74.2 | 8.0 | 0.399 | 2.934 | 5.025 | 0.864 | D | Helfenzrieder |
| 80 | 1769 Okt. | 7.6 | 144.2 | 175.1 | 40.8 | 0.123 | 63.46 | 2090 | 0.999 | D | Messier |
| 81 | 1770 Aug. | 13.5 | 356.3 | 132.0 | 1.6 | 0.674 | 3.163 | 6.626 | 0.786 | D | Messier |
| 82 | 1770 Nov. | 22.2 | 208.4 | 108.7 | 31.4 | 0.528 | | | | R | |
| 83 | 1771 April | 19.2 | 104.1 | 27.9 | 11.3 | 0.903 | | | 1.009 | D | Messier |
| 84 | 1772 Febr. | 8.0 | 97.4 | 263.4 | 17.6 | 0.912 | 2.822 | 4.741 | 0.677 | D | Montagne |
| 85 | 1773 Sept. | 5.6 | 75.2 | 121.1 | 61.2 | 1.127 | | | | D | Messier |
| 86 | 1774 Aug. | 15.8 | 317.5 | 180.7 | 83.3 | 1.433 | | | 1.028 | D | Montagne |
| 87 | 1779 Jan. | 4.1 | 87.2 | 25.1 | 32.5 | 0.713 | | | | D | Messier |
| 88 | 1780 Sept. | 30.8 | 246.4 | 124.2 | 53.8 | 0.099 | | | | R | Messier |
| 89 | 1780 Nov. | 28.9 | 246.9 | 141 0 | 72.1 | 0.515 | | | | R | Montagne, Olbers |
| 90 | 1781 Juli | 7.2 | 239.2 | 83.0 | 81.7 | 0.776 | | | | D | Méchain |
| 91 | 1781 Nov. | 29.5 | 16.1 | 77.4 | 27.2 | 0.961 | | | | R | Méchain |
| 92 | 1783 Nov. | 19.9 | 50.3 | 55.7 | 45.1 | 1.459 | 3.260 | 5.888 | 0.552 | D | Pigott |
| 93 | 1784 Jan. | 21.2 | 80.7 | 56.8 | 51.2 | 0.708 | | | | R | de la Nux |
| 94 | 1785 Jan. | 27.3 | 109.9 | 264.2 | 70.2 | 1.143 | | | | D | Messier, Méchain |
| 95 | 1785 April | 8.4 | 297.5 | 64.6 | 87.5 | 0.427 | | | | R | Méchain |
| 96 | 1786 Jan. | 30.9 | 156.6 | 334.1 | 13.6 | 0.335 | 2.208 | 3.281 | 0.848 | D | Méchain |
| 97 | 1786 Juli | 8.6 | 158.6 | 195.4 | 51.0 | 0.394 | | | | D | K. Herschel |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 98 | 1787 Mai | 10.8 | 7.7 | 106.9 | 48.3 | 0.349 | | | | R | Méchain |
| 99 | 1788 Nov. | 10.3 | 99.1 | 156.9 | 12.5 | 1.063 | | | | R | Messier |
| 100 | 1788 Nov. | 20.3 | 22.8 | 352.4 | 64.5 | 0.757 | | | | D | K. Herschel |
| 101 | 1790 Jan. | 16.8 | 58.4 | 172.8 | 29.7 | 0.747 | | | | R | K. Herschel |
| 102 | 1790 Jan. | 28.3 | 111.7 | 267.1 | 57.0 | 1.063 | | | | D | Méchain |
| 103 | 1790 Mai | 20.5 | 275.0 | 35.2 | 63.6 | 0.791 | | | | R | K. Herschel |
| 104 | 1792 Jan. | 13.5 | 36.3 | 190.7 | 39.8 | 1.293 | | | | R | K. Herschel |
| 105 | 1792 Dez. | 27.3 | 135.9 | 283.2 | 49.1 | 0.967 | | | | R | Gregory |
| 106 | 1793 Nov. | 4.8 | 228.7 | 108.5 | 60.3 | 0.403 | | | | R | Messier |
| 107 | 1793 Nov. | 19.5 | 71.6 | 2.3 | 51.9 | 1.504 | | | | D | Perny |
| (96) | 1795 Dez. | 21.4 | 156.7 | 334.7 | 13.7 | 0.334 | 2.213 | 3.292 | 0.849 | D | K. Herschel |
| 108 | 1796 April | 2.8 | 192.7 | 17.0 | 64·9 | 1.578 | | | | R | Olbers |
| 109 | 1797 Juli | 9.1 | 49.6 | 329.3 | 50.6 | 0.525 | | | | R | Bouvard, K. Herschel, [Lee |
| 110 | 1798 April | 4.5 | 105.1 | 122.2 | 43.7 | 0.485 | | | | D | Messier |
| 111 | 1798 Dez. | 31.6 | 34.5 | 249.5 | 42.4 | 0.780 | | | | R | Bouvard |
| 112 | 1799 Sept. | 7.2 | 3.7 | 99.5 | 51.0 | 0.840 | | | | R | Méchain |
| 113 | 1799 Dez. | 25.9 | 190.3 | 326.8 | 77.0 | 0.626 | | | | R | Méchain |
| 114 | 1801 Aug. | 8.6 | 183.8 | 44.5 | 21.3 | 0.262 | | | | R | Pons, Messier |
| 115 | 1802 Sept. | 9.9 | 332.2 | 310.3 | 57.0 | 1.094 | | | | D | Pons |
| 116 | 1804 Febr. | 13.6 | 149.1 | 176.9 | 56.9 | 1.075 | | | | D | Pons |
| (96) | 1805 Nov. | 21.5 | 156.8 | 334.3 | 13.6 | 0.340 | 2.213 | 3.292 | 0.846 | D | Bouvard, Pons, Huth |
| (84) | 1806 Jan. | 2.0 | 109.5 | 251.3 | 13.6 | 0.907 | 3.567 | 6.737 | 0.746 | D | Pons |
| 117 | 1806 Dez. | 28.9 | 97.1 | 322.4 | 35.0 | 1.082 | | | 1.010 | R | Pons |
| 118 | 1807 Sept. | 18.7 | 270.9 | 266.8 | 63.2 | 0.646 | 143.2 | 1714 | 0.995 | D | Parisi |
| 119 | 1808 Mai | 13.0 | 69.2 | 323.0 | 45.7 | 0.390 | | | | R | Pons |
| 120 | 1808 Juli | 12.2 | 252 6 | 24.2 | 39.3 | 0.608 | | | | R | Pons |
| 121 | 1810 Sept. | 29.1 | 52.7 | 310.4 | 61 2 | 0.976 | | | | D | Pons |
| 122 | 1811 Sept. | 12.3 | 75.0 | 140.4 | 73.0 | 1.035 | 211.0 | 3069 | 0.995 | R | Flaugergues |
| 123 | 1811 Nov. | 11.0 | 47.5 | 93.0 | 31.3 | 1.582 | 91.51 | 875 | 0.983 | D | Pons |
| 124 | 1812 Sept. | 15.3 | 92.3 | 253.0 | 74.0 | 0.777 | 17.09 | 71 | 0.955 | D | Pons |
| 125 | 1813 März | 4.5 | 69.9 | 60.8 | 21.2 | 0.699 | | | | R | Pons |
| 126 | 1813 Mai | 19.5 | 197.6 | 42.7 | 81.1 | 1.215 | | | | R | Pons |
| 127 | 1815 April | 26.0 | 149.0 | 83.5 | 44.5 | 1.213 | 17.63 | 74 | 0.931 | D | Olbers |
| 127 a | 1816 März | 1.4 | 267.6 | 323.2 | 43.1 | 0.049 | | | | D | Pons |
| 127 b | 1818 Febr. | 7.4 | 95.1 | 250.1 | 20.0 | 0.733 | | | | D | Pons |
| 128 | 1818 Febr. | 26.0 | 182.8 | 70.4 | 89.7 | 1.198 | | | | D | Pons |
| 129 | 1818 Dez. | 5.0 | 101.8 | 90.0 | 63 0 | 0.855 | | | 1.012 | R | Pons |
| (96) | 1819 Jan | 27.3 | 157.0 | 334.6 | 13.6 | 0.335 | 2 214 | 3.295 | 0.849 | D | Pons |
| 130 | 1819 Juni | 27.7 | 287.1 | 273.7 | 80.8 | 0.341 | | | | D | Tralles |
| 131 | 1819 Juli | 18.9 | 274.7 | 113.2 | 10.7 | 0.774 | 3.160 | 5.618 | 0.755 | D | Pons |
| 132 | 1819 Nov. | 20.3 | 67.3 | 77.2 | 9.0 | 0.893 | 2.849 | 4.810 | 0.687 | D | Blanpain, Pons |
| 133 | 1821 März | 21.5 | 239.5 | 48.7 | 73.6 | 0.092 | | | | R | Nicollet, Pons |
| 134 | 1822 Mai | 5.6 | 192.7 | 177.4 | 53.6 | 0.504 | | | | R | Gambart |
| (96) | 1822 Mai | 24.0 | 157.2 | 334.4 | 13.3 | 0.346 | 2.224 | 3.318 | 0.844 | D | |
| 135 | 1822 Juli | 16.0 | 219.9 | 97.9 | 37.7 | 0.846 | | | | R | Pons |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | Ω | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 136 | 1822 Okt. | 23.8 | 271.7 | 92.7 | 52.7 | 1.145 | 309.7 | 5449 | 0.996 | R | Pons |
| 137 | 1823 Dez. | 9 5 | 274.6 | 303.0 | 76.2 | 0.226 | | | | R | Köhler |
| 138 | 1824 Juli | 11.5 | 260.3 | 234.3 | 54.6 | 0 591 | | | | R | Rümker |
| 139 | 1824 Sept. | 29.1 | 4.5 | 279.3 | 54.6 | 1.050 | | | | D | Scheithauer |
| 140 | 1825 Mai | 30.6 | 273.9 | 20.1 | 56.7 | 0.890 | | | | R | Gambart |
| 141 | 1825 Aug. | 18.4 | 9.8 | 193.1 | 88.5 | 0.883 | | | | D | Pons |
| (96) | 1825 Sept. | 16.3 | 157.2 | 334.5 | 13.4 | 0.345 | 2.223 | 3.315 | 0.845 | D | |
| 142 | 1825 Dez. | 10.7 | 318.8 | 215.7 | 33.5 | 1.241 | 267.9 | 4386 | 0.995 | R | Pons |
| (84) | 1826 März | 18.4 | 109.8 | 251.5 | 13.6 | 0.903 | 3.561 | 6.720 | 0.747 | D | Biela |
| 143 | 1826 April | 21.9 | 117.0 | 197.6 | 40.0 | 2.008 | | | | D | Pons |
| 144 | 1826 April | 29.0 | 35.8 | 40.5 | 5.3 | 0.188 | | | | R | Flaugergues |
| 145 | 1826 Okt. | 9.0 | 57.8 | 44.1 | 26.0 | 0.853 | | | | D | Pons |
| 146 | 1826 Nov. | 18.3 | 315.5 | 235.1 | 89.4 | 0.027 | | | | R | Pons |
| 147 | 1827 Febr. | 4.9 | 33.5 | 184.5 | 77.6 | 0.507 | | | | R | Pons |
| 148 | 1827 Juni | 7.8 | 297.5 | 318.2 | 43.6 | 0.808 | | | | R | Pons, Gambart |
| 149 | 1827 Sept. | 11.7 | 251.0 | 149.7 | 54.1 | 0.138 | 189.6 | 2611 | 0.999 | R | Pons |
| (96) | 1829 Jan. | 9.8 | 157.3 | 334.5 | 13.3 | 0.346 | 2.224 | 3.316 | 0.845 | D | |
| 150 | 1830 April | 9.3 | 212.2 | 206.4 | 21.3 | 0.921 | | | | D | d'Abbadie |
| 151 | 1830 Dez. | 27 7 | 311.0 | 337.9 | 44.8 | 0.126 | | | | R | Herapath |
| (96) | 1832 Mai | 4.0 | 157.4 | 334.5 | 13.4 | 0.343 | 2.222 | 3.312 | 0.845 | D | |
| 152 | 1832 Sept. | 25.5 | 227.9 | 72.4 | 43.3 | 1.184 | | | | R | Gambart |
| (84) | 1832 Nov. | 26.1 | 109.9 | 248.2 | 13.2 | 0.879 | 3.537 | 6.652 | 0.751 | D | |
| 153 | 1833 Sept. | 10.2 | 222.9 | 323.2 | 7.3 | 0.459 | | | | D | Dunlop |
| 154 | 1834 April | 2 7 | 276.6 | 226.8 | 5.9 | 0.515 | | | | D | Gambart |
| 155 | 1835 März | 27.6 | 207.7 | 58.3 | 9.1 | 2.041 | | | | R | Boguslawski |
| (96) | 1835 Aug. | 26.4 | 157.4 | 334.6 | 13.4 | 0.344 | 2.223 | 3.314 | 0.845 | D | |
| (19) | 1835 Nov. | 15.9 | 304.5 | 55.2 | 17.8 | 0.587 | 17.99 | 76.29 | 0.967 | R | |
| (96) | 1838 Dez. | 19.0 | 157.5 | 334.6 | 13.4 | 0.344 | 2.222 | 3.313 | 0.845 | D | |
| 156 | 1840 Jan. | 4.4 | 192.2 | 120.0 | 53.1 | 0.618 | | | 1.000 | D | Galle |
| 157 | 1840 März | 13.0 | 80.3 | 236.8 | 59.2 | 1.221 | 577.1 | 13864 | 0.998 | R | Galle |
| 158 | 1840 April | 2.5 | 324.2 | 186.0 | 79.9 | 0.748 | | | | D | Galle |
| 159 | 1840 Nov. | 13.7 | 22.5 | 248.9 | 58.0 | 1.481 | 49.12 | 344 | 0.970 | D | Bremiker |
| (96) | 1842 April | 12.0 | 157.5 | 334.7 | 13.3 | 0.345 | 2.223 | 3.314 | 0.845 | D | |
| 160 | 1842 Dez. | 16.0 | 327.3 | 207.8 | 73.6 | 0.504 | | | | R | Laugier |
| 161 | 1843 Febr. | 27.4 | 278.7 | 1.2 | 35.7 | 0.006 | 65.71 | 533 | 1.000 | R | |
| 162 | 1843 Mai | 6.0 | 281.5 | 157.2 | 52.7 | 1.616 | | | | D | Mauvais |
| 163 | 1843 Okt. | 17.2 | 49.6 | 209.5 | 11.4 | 1.693 | 3.812 | 7 442 | 0.556 | D | Faye |
| 164 | 1844 Sept. | 2.5 | 342.5 | 63·8 | 2.9 | 1.186 | 3.100 | 5.459 | 0.617 | D | de Vico |
| 165 | 1844 Okt. | 17.4 | 180.4 | 31.7 | 48.6 | 0.855 | | | | R | Mauvais |
| 166 | 1844 Dez. | 13.7 | 296.0 | 118.3 | 45.6 | 0.252 | | | 1.000 | D | |
| 167 | 1845 Jan. | 8.2 | 91.3 | 336.7 | 46.8 | 0.905 | | | | D | d'Arrest |
| 168 | 1845 April | 21.0 | 192.6 | 347.1 | 56.4 | 1.255 | | | | D | de Vico |
| 169 | 1845 Juni | 5.7 | 262.0 | 337.8 | 48.7 | 0.402 | 39.66 | 249.8 | 0.990 | R | Colla |
| (96) | 1845 Aug. | 9.6 | 157.7 | 314.3 | 13.1 | 0.338 | 2.216 | 3.300 | 0.847 | D | |
| 170 | 1846 Jan. | 22.1 | 89.1 | 311.1 | 47.4 | 1.481 | 194 9 | 2721 | 0.992 | D | de Vico |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| (84)[A] | 1846 Febr. | 11.0 | 109.0 | 245.9 | 12.6 | 0.856 | 3.520 | 6.603 | 0.757 | D | |
| (84)[B] | 1846 Febr. | 11.1 | 109.0 | 245.9 | 12.6 | 0.856 | 3.519 | 6.601 | 0.757 | D | |
| 171 | 1846 Febr. | 25.4 | 116.5 | 102.7 | 30.9 | 0.650 | 3.146 | 5.581 | 0.793 | D | Brorsen |
| 172 | 1846 März | 5.6 | 90.5 | 77.6 | 85.1 | 0.664 | 17.58 | 73.7 | 0.962 | D | de Vico |
| 173 | 1846 Mai | 27.9 | 82.5 | 161.3 | 57.6 | 1.376 | | | | R | de Vico, Hind |
| 174 | 1846 Juni | 1.1 | 239.8 | 260.2 | 31.0 | 1.538 | 6.321 | 15.89 | 0.757 | D | Peters |
| 175 | 1846 Juni | 5.5 | 162.1 | 261.9 | 29.3 | 0.634 | 62.99 | 500 | 0.990 | R | Brorsen |
| 176 | 1846 Okt. | 29.9 | 98.8 | 4.6 | 49.7 | 0.829 | 123 | 1390 | 0.993 | D | de Vico |
| 177 | 1847 März | 30.3 | 276.0 | 21.7 | 48.6 | 0.043 | 489 | 10800 | 1.000 | D | Hind |
| 178 | 1847 Juni | 4.7 | 141.6 | 174.0 | 79.6 | 2.115 | | | | R | Colla |
| 179 | 1847 Aug. | 9.4 | 246.7 | 338.3 | 83.5 | 1.767 | | | 0.999 | R | Mauvais |
| 180 | 1847 Aug. | 9.4 | 21.3 | 76.7 | 32.6 | 1.485 | | | | R | Schweizer |
| 181 | 1847 Sept. | 9.5 | 79.2 | 309.8 | 19.1 | 0.488 | 17.8 | 75 | 0.973 | D | Brorsen |
| 182 | 1847 Nov. | 14.4 | 274.2 | 190.8 | 71.8 | 0.329 | | | 1.000 | R | Miß Mitchell |
| 183 | 1848 Sept. | 8.1 | 310.6 | 211.5 | 84.4 | 0.320 | | | | R | Petersen |
| (96) | 1848 Nov. | 26.1 | 157.8 | 334.4 | 13.1 | 0.337 | 2.215 | 3.296 | 0.848 | D | |
| 184 | 1849 Jan. | 19.4 | 63.2 | 215.2 | 85.0 | 0.960 | | | | D | Petersen |
| 185 | 1849 Mai | 26.5 | 235.7 | 202.5 | 67.2 | 1.159 | | | | D | Goujon |
| 186 | 1849 Juni | 8.2 | 267.1 | 30.5 | 66.9 | 0.894 | 412 | 8375 | 0.998 | D | Schweizer |
| 187 | 1850 Juli | 23.5 | 273.4 | 92.9 | 68.2 | 1.081 | 940 | 28800 | 0.999 | D | Petersen |
| 188 | 1850 Okt. | 19.3 | 89.2 | 206.0 | 40.1 | 0.565 | | | | D | Bond |
| (163) | 1851 April | 1.8 | 49.7 | 209.5 | 11.4 | 1.700 | 3.819 | 7.462 | 0.555 | D | |
| 189 | 1851 Juli | 8.7 | 322.9 | 148.4 | 13.9 | 1.173 | 3.444 | 6.390 | 0.659 | D | d'Arrest |
| 190 | 1851 Aug. | 26.2 | 311.0 | 223.7 | 38.2 | 0.984 | 313 | 5550 | 0.997 | D | Brorsen |
| 191 | 1851 Sept. | 30.8 | 338.8 | 44.4 | 74.0 | 0.141 | | | | D | Brorsen |
| (96) | 1852 März | 14.7 | 157.9 | 334.4 | 13.1 | 0.337 | 2.215 | 3.297 | 0.848 | D | |
| 192 | 1852 April | 20.6 | 278.7 | 317.5 | 49.2 | 0.913 | | | 1.053 | R | Chacornac |
| (84)[A] | 1852 Sept. | 23.7 | 109.1 | 245.9 | 12.6 | 0.861 | 3.526 | 6.621 | 0.756 | D | |
| (84)[B] | 1852 Sept. | 23.1 | 109.1 | 245.9 | 12.6 | 0.861 | 3.525 | 6.619 | 0.756 | D | |
| 193 | 1852 Okt. | 12.8 | 43.2 | 346.2 | 40.9 | 1.250 | 15.44 | 60.7 | 0.919 | D | Westphal |
| 194 | 1853 Febr. | 24.0 | 153.7 | 69.6 | 20.3 | 1.092 | | | | R | Secchi |
| 195 | 1853 Mai | 9.8 | 201.7 | 41.0 | 57.8 | 0.909 | 85.1 | 785 | 0.989 | R | Schweizer |
| 196 | 1853 Sept. | 1.7 | 310.9 | 140.5 | 61.5 | 0.307 | | | | D | Klinkerfues |
| 197 | 1853 Okt. | 16.6 | 302.2 | 220.1 | 61.0 | 0.173 | | | 1.001 | R | Bruhns |
| 198 | 1854 Jan. | 3.9 | 56.1 | 227.0 | 66.1 | 2.045 | | | | R | van Arsdale |
| 199 | 1854 März | 24.0 | 213.8 | 315.5 | 82.5 | 0.277 | | | | R | |
| 200 | 1854 Juni | 22.0 | 273.1 | 347.7 | 71.3 | 0.648 | | | | R | Klinkerfues |
| 201 | 1854 Okt. | 27.5 | 94.4 | 324.5 | 40.9 | 0.799 | 119.6 | 1309 | 0.993 | D | Klinkerfues |
| 202 | 1854 Dez. | 15.7 | 165.2 | 238.1 | 14.1 | 1.358 | 99.8 | 997 | 0.986 | D | Winnecke, Dien |
| 203 | 1855 Febr. | 5.1 | 226.6 | 189.7 | 51.4 | 2.194 | 63 | 500 | 0.965 | R | Schweizer |
| 204 | 1855 Mai | 30.2 | 237.7 | 260.3 | 23.1 | 0.567 | | | | R | Donati |
| (96) | 1855 Juli | 1.2 | 157.9 | 334.4 | 13.1 | 0.337 | 2.215 | 3.295 | 0.848 | D | |
| 205 | 1855 Nov. | 25.4 | 86.0 | 51.6 | 10.2 | 1.231 | | | | R | Bruhns |
| 206 | 1857 März | 21.4 | 74.7 | 313.2 | 87.9 | 0.772 | | | | D | d'Arrest |
| (171) | 1857 März | 29.2 | 115.7 | 101.8 | 29.8 | 0.621 | 3.139 | 5.562 | 0.802 | D | Bruhns |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 207 | 1857 | Juli 18.0 | 249.6 | 23.7 | 59.0 | 0.367 | 367 | 7040 | 0.999 | R | Klinkerfues |
| 208 | 1857 | Aug. 24.0 | 21.8 | 200.8 | 32.8 | 0.747 | 38.05 | 235 | 0.980 | D | Peters |
| 209 | 1857 | Sept. 30.9 | 250.1 | 15.0 | 56.1 | 0.563 | 182 | 2463 | 0.997 | R | Klinkerfues |
| 210 | 1857 | Nov. 19.1 | 44.2 | 139.3 | 37.8 | 1.009 | 335 | 6143 | 0.997 | R | Donati, v. Arsdale |
| (189) | 1857 | Nov. 28.2 | 323.1 | 148.5 | 13.9 | 1.170 | 3.440 | 6.380 | 0.660 | D | |
| (102) | 1858 | Febr. 23.5 | 115.9 | 269.1 | 54.4 | 1.025 | 5.726 | 13.70 | 0.821 | D | Tuttle |
| (131) | 1858 | Mai 2.0 | 275.7 | 113.6 | 10.8 | 0.769 | 3.139 | 5.560 | 0.755 | D | Winnecke |
| 211 | 1858 | Mai 2.3 | 196.0 | 170.7 | 23.0 | 1.210 | | | | D | Tuttle |
| 212 | 1858 | Juni 5.3 | 226.1 | 325.0 | 80.0 | 0.554 | | | | R | Bruhns |
| (163) | 1858 | Sept. 12.9 | 49.8 | 209.7 | 11.4 | 1.694 | 3.813 | 7.445 | 0.556 | D | |
| 213 | 1858 | Sept. 30.0 | 36.2 | 165.3 | 63.0 | 0.578 | 152.3 | 1880 | 0.996 | R | Donati |
| 214 | 1858 | Okt. 12.8 | 4.2 | 159.8 | 21.3 | 1.427 | 330 | 6000 | 0.996 | R | Tuttle |
| (96) | 1858 | Okt. 18.4 | 158.0 | 334.5 | 13.1 | 0.341 | 2.218 | 3.304 | 0.846 | D | |
| 215 | 1859 | Mai 29.2 | 75.3 | 357.3 | 84.5 | 0.201 | | | | R | Tempel |
| 216 | 1860 | Febr. 16.7 | 173.8 | 324.1 | 79.6 | 1.197 | | | | D | Liais |
| 217 | 1860 | März 5.6 | 50.1 | 8.9 | 48.2 | 1.307 | | | | D | Rumker |
| 218 | 1860 | Juni 16.1 | 161.5 | 84.7 | 79.3 | 0.293 | | | | D | |
| 219 | 1860 | Sept. 28.3 | 112.0 | 104.2 | 28.2 | 0.954 | | | | R | Tempel |
| 220 | 1861 | Juni 3.4 | 243.4 | 29.9 | 79.8 | 0.921 | 55.68 | 415 | 0.983 | D | Thatcher |
| 221 | 1861 | Juni 11.5 | 249.1 | 279.0 | 85.4 | 0.822 | 56.1 | 420 | 0.985 | D | Tebbutt |
| 222 | 1861 | Dez. 7.2 | 173.5 | 145.1 | 42.0 | 0.839 | | | | R | Tuttle |
| (96) | 1862 | Febr. 6.2 | 158.0 | 334.5 | 13.1 | 0.340 | 2.217 | 3.302 | 0.847 | D | |
| 223 | 1862 | Juni 22.0 | 299.3 | 326.5 | 7.9 | 0.981 | | | | R | Schmidt, Tempel |
| 224 | 1862 | Aug. 22.9 | 344.7 | 137.4 | 66.4 | 0.963 | 24.85 | 124 | 0.961 | R | Tuttle |
| 225 | 1862 | Dez. 28.2 | 125.2 | 355.7 | 42.4 | 0.803 | | | | R | Respighi |
| 226 | 1863 | Febr. 3.5 | 191.4 | 116.9 | 85.4 | 0.795 | | | | D | Bruhns |
| 227 | 1863 | April 4.9 | 247.3 | 251.3 | 67.4 | 1.068 | | | | R | Klinkerfues |
| 228 | 1863 | April 20.9 | 305.8 | 250.2 | 85.5 | 0.629 | | | | D | Respighi |
| 229 | 1863 | Nov. 9.5 | 94.7 | 97.5 | 78.1 | 0.707 | | | | D | Tempel |
| 230 | 1863 | Dez. 27.8 | 60.4 | 304.7 | 64.5 | 0.772 | | | | D | Respighi |
| 231 | 1863 | Dez. 29.2 | 183.1 | 105.0 | 83.3 | 1.313 | | | | D | Bäker |
| 232 | 1864 | Juli 27.7 | 185.5 | 174.9 | 45.0 | 0.664 | | | | R | Donati |
| 233 | 1864 | Aug. 15.6 | 304.2 | 95.2 | 1.9 | 0.909 | | | | R | Tempel |
| 234 | 1864 | Okt. 11.3 | 159.5 | 31.7 | 70.2 | 0.934 | | | | R | Donati, Toussaint |
| 235 | 1864 | Dez. 22.5 | 231.7 | 203.2 | 48.9 | 0.771 | | | | D | Bäker |
| 236 | 1864 | Dez. 27.7 | 162.4 | 340.9 | 17.1 | 1.115 | | | | R | Bruhns |
| 237 | 1865 | Jan. 14.3 | 141.3 | 253.1 | 87.5 | 0.026 | | | | R | |
| 238 | 1866 | Jan. 11.2 | 60.5 | 231.4 | 17.3 | 0.977 | 10.32 | 33.18 | 0.905 | R | Tempel |
| 239 | 1867 | Jan. 19.9 | 75.9 | 78.6 | 18.2 | 1.574 | 10.42 | 33.62 | 0.849 | D | Coggia |
| 240 | 1867 | Mai 23.8 | 236.0 | 101.2 | 6.4 | 1.174 | 3.173 | 5.652 | 0.862 | D | Tempel |
| 241 | 1867 | Nov. 7.0 | 276.4 | 65.0 | 83.4 | 0.330 | | | | R | Bäker |
| (171) | 1868 | April 17.4 | 116.0 | 101.2 | 29.4 | 0.625 | 3.110 | 5.284 | 0.808 | D | |
| 242 | 1868 | Juni 26.0 | 287.1 | 53.7 | 48.2 | 0.582 | | | | R | Winnecke |
| (96) | 1868 | Sept. 15.0 | 158.2 | 334.6 | 13.1 | 0.334 | 2.212 | 3.289 | 0.849 | D | |
| (131) | 1869 | Juni 30.0 | 275.9 | 113.6 | 10.8 | 0.788 | 3.151 | 5.599 | 0.750 | D | |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | Ω | i | p | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 243 | 1869 Okt. | 10.0 | 123.2 | 311.5 | 68.3 | 1.231 | | | | R | Tempel |
| 244 | 1869 Nov. | 20.9 | 41.3 | 292 7 | 6.9 | 1 103 | | | | D | Tempel |
| 245 | 1870 Juli | 13.9 | 303.4 | 141.5 | 58.1 | 1.007 | | | | R | Winnecke |
| 246 | 1870 Sept. | 2.2 | 18.0 | 12.9 | 80.7 | 1.817 | | | | R | Coggia |
| (189) | 1870 Sept. | 23.6 | 318.7 | 146.4 | 15.7 | 1.280 | 3.507 | 6.57 | 0.635 | D | |
| 247 | 1870 Dez. | 19.9 | 4.1 | 94 7 | 32.7 | 0.389 | | | | R | Winnecke |
| 248 | 1871 Juni | 10.6 | 141.8 | 279.3 | 87.6 | 0.654 | 299.7 | 5188 | 0.998 | D | Winnecke, Borelly, |
| 249 | 1871 Juli | 27.0 | 115.6 | 211.9 | 78.0 | 1.076 | | | | R | Tempel [Swift |
| (102) | 1871 Dez. | 1.8 | 116.1 | 269.3 | 54.3 | 1.030 | 5.757 | 13.811 | 0.821 | D | |
| 250 | 1871 Dez. | 20.3 | 264.5 | 147.0 | 81.6 | 0.694 | | | | R | Tempel |
| (96) | 1871 Dez. | 28.8 | 158.2 | 334.6 | 13.1 | 0.333 | 2.210 | 3.285 | 0.849 | D | |
| (240) | 1873 Mai | 9.7 | 238.0 | 78.7 | 9.8 | 1.771 | 3.291 | 5.971 | 0.462 | D | |
| 251 | 1873 Juni | 25.3 | 306.1 | 120.9 | 12.7 | 1.344 | 2.984 | 5.156 | 0.550 | D | Tempel |
| (163) | 1873 Juli | 18.5 | 50.0 | 209.6 | 11.4 | 1.683 | 3.801 | 7.412 | 0.557 | D | |
| 252 | 1873 Sept. | 10.8 | 36.8 | 230.6 | 84.0 | 0.794 | 220.6 | 3277 | 0.996 | R | Borelly |
| 253 | 1873 Okt. | 1.8 | 303.0 | 176.7 | 58.5 | 0.385 | | | | R | Henry |
| (171) | 1873 Okt. | 10.2 | 116.0 | 101.2 | 29.4 | 0.595 | 3.106 | 5.473 | 0.809 | D | |
| 254 | 1873 Dez. | 1.2 | 85.7 | 250.3 | 30.0 | 0.734 | | | | D | Coggia, Winnecke |
| 255 | 1874 März | 9.9 | 300.6 | 31.5 | 58.3 | 0.044 | | | | D | Winnecke |
| 256 | 1874 März | 14.0 | 302.3 | 274.1 | 31.6 | 0.886 | | | | R | Winnecke, Tempel |
| 257 | 1874 Juli | 8.9 | 271.1 | 118.7 | 66.3 | 0.676 | 529.5 | 12200 | 0.999 | D | Coggia |
| 258 | 1874 Juli | 19.0 | 6.8 | 216.2 | 34.5 | 1.711 | | | | D | Coggia |
| 259 | 1874 Aug. | 26.9 | 344.1 | 251.5 | 41.8 | 0.983 | 733 | 19800 | 0.999 | D | Borelly |
| 260 | 1874 Okt. | 18.7 | 264.5 | 281.6 | 80.6 | 0.520 | | | | R | Borelly |
| (131) | 1875 März | 12.2 | 276.7 | 111.6 | 11.3 | 0.854 | 3.201 | 5.726 | 0.733 | D | |
| (96) | 1875 April | 13.0 | 158.3 | 334.6 | 13.1 | 0.333 | 2.211 | 3.287 | 0.849 | D | |
| 261 | 1877 Jan. | 19.2 | 200.1 | 187.3 | 27.0 | 0.807 | | | | R | Borelly, Pechüle |
| (189) | 1877 April | 10.3 | 319.2 | 146.2 | 15.7 | 1.318 | 3.541 | 6.664 | 0.628 | D | |
| 262 | 1877 April | 17.7 | 253.5 | 316.6 | 58.9 | 0.950 | | | | R | Winnecke, Block |
| 263 | 1877 April | 26.8 | 102.8 | 346.1 | 77.2 | 1.009 | 927 | 28200 | 0.999 | D | Swift, Block, Borelly |
| 264 | 1877 Juni | 27.1 | 81.0 | 184.3 | 64.3 | 1.072 | | | | R | Tempel |
| 265 | 1877 Sept. | 11.4 | 107.6 | 251.0 | 77.7 | 1.577 | | | | R | Coggia |
| 266 | 1878 Juli | 21.3 | 280.4 | 102.3 | 78.0 | 1.391 | | | | D | Swift |
| (96) | 1878 Juli | 26.1 | 158.3 | 334.7 | 13.1 | 0.334 | 2.212 | 3.285 | 0.849 | D | |
| (251) | 1878 Sept. | 7.3 | 306.1 | 121.0 | 12.8 | 1.341 | 3.001 | 5.202 | 0.553 | D | |
| (171) | 1879 März | 30.6 | 116.3 | 101.3 | 29.4 | 0.590 | 3.101 | 5.470 | 0.810 | D | |
| 267 | 1879 April | 27.4 | 42.2 | 45.7 | 73.0 | 0.893 | | | | R | Swift |
| (240) | 1879 Mai | 7.0 | 238.2 | 78.8 | 9.8 | 1.769 | 3.295 | 5.990 | 0.463 | D | |
| 268 | 1879 Aug. | 29.3 | 308.2 | 32.4 | 72.3 | 0.991 | | | | R | Hartwig |
| 269 | 1879 Okt. | 4.6 | 202.4 | 87.1 | 77.1 | 0.991 | | | | D | Palisa |
| 270 | 1880 Jan. | 27.5 | 278.2 | 355.9 | 37.0 | 0.006 | 11.09 | | 0.999 | R | Gould |
| 271 | 1880 Juni | 30.5 | 112.5 | 257.2 | 56.9 | 1.819 | | | | R | Schäberle |
| 272 | 1880 Sept. | 7.0 | 82.3 | 45.5 | 38.1 | 0.354 | 4.93 | 5.49 | 0.658 | R | Hartwig |
| (244) | 1880 Nov. | 18.8 | 42.9 | 296.8 | 5.4 | 1 063 | | | | D | Swift |
| 273 | 1880 Nov. | 9.4 | 261.0 | 249.4 | 60.7 | 0.659 | | | | D | Pechüle |

| Nummer | T Jahr | Tag | π | ☊ | i | q | a | U | e | B | Name des Entdeckers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grad | Grad | Grad | | | | | | |
| 274 | 1880 Nov. | 8.8 | 184.0 | 257.6 | 50.8 | 0.387 | | | | R | Cooper |
| 275 | 1881 Mai | 20.6 | 299.6 | 125.0 | 78.8 | 0.588 | | | | D | Swift |
| 276 | 1881 Juni | 16.5 | 265.3 | 271.0 | 63.4 | 0.735 | | 2950 | 0.996 | D | Tebbutt |
| 277 | 1881 Aug. | 22.8 | 334.2 | 96.4 | 40.2 | 0.631 | | | | R | Schäberle |
| 278 | 1881 Sept. | 12.5 | 21.7 | 72.0 | 7.6 | 0.722 | | | | D | Denning |
| 279 | 1881 Sept. | 13.8 | 260.3 | 269.4 | 66.2 | 0.495 | | | | R | Barnard |
| 280 | 1881 Nov. | 19.7 | 63.4 | 181.3 | 35.2 | 1.926 | | | | R | Swift |
| 281 | 1882 Juni | 10.6 | 53.9 | 204.9 | 73.8 | 0.060 | | | | D | Wells |
| 282 | 1882 Sept. | 17.3 | 276.4 | 346.0 | 38.0 | 0.007 | 89.24 | 843.1 | 0.999 | R | Cruls |
| 283 | 1882 Nov. | 13.0 | 354.7 | 249.1 | 83.8 | 0.955 | | | | R | Barnard |
| 284 | 1883 Febr. | 20.2 | 113.3 | 280.1 | 77.5 | 0.757 | | | | D | Swift, Brooks |

## Bemerkungen.

Die in der ersten Kolumne in Parantheſe gegebenen Nummern bedeuten, daß der betreffende Komet mit dem unter gleicher Nummer aufgeführten identiſch iſt. So iſt Nr. 19 der Halleyſche Komet, welcher in den Jahren 1378, 1456, 1531, 1607, 1682, 1759, 1835 beobachtet wurde; Nr. 96 der Enckeſche Komet mit den zahlreichen Widererſcheinungen; 84 A und B der Bielaſche Doppelkomet. Einigen Nummern iſt die Bezeichnung a, b 2c. beigefügt um die üblich gewordenen Nummern nicht verändern zu müſſen, nachdem es gelungen iſt von einigen Kometen aus älterer Zeit Bahnen zu berechnen. Die Größen q (kürzeſte Entfernung des Kometen von der Sonne) und a ſind in Teilen der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gegeben, U die Umlaufszeit, in Jahren und Teilen desſelben. Wo a, U, e nicht angegeben, iſt die Bahn eine Parabel, wo e größer als 1 iſt die Bahn eine Hyperbel, ſonſt eine Ellipſe. Unter B iſt die Richtung der Bewegung verzeichnet, ob direkt (D), d. h. im Sinne der Bewegung der Erde, oder retrograd (R) d. h. entgegen der Richtung der Bewegung der Erde.

# Register.

## Berichtigungen.

S. 16 Z. 18 v. o. statt Enke lies Encke.
„ 17 „ 10 v. o. statt Enke lies Encke.
„ 29 „ 8 v. o. statt 1658 III. lies 1858 III.
„ 37 „ 3 v. u. statt herrscht, so läßt lies herrschte, so ließ.
„ 71 „ 2 v. o. dergestalt ist zu streichen.
„ 97 „ 1 v. u. statt spä= lies spät.
„ 105 „ 4 v. o. statt auf lies auf=.
„ 107 „ 6 v. u. nach als ist einzufügen: im Jahre 1882.
„ 113 „ 16 v. u. statt Komet lies Komet,
„ 151 „ 3 v. o. statt der, lies der.
„ 157 „ 10 v. o. statt Sporadosyderiten lies Sporadosideriten.
„ 185 „ 14 v. u. statt drängt lies drängte.
„ 194 „ 3 v. o. statt normalen lies anomalen.
„ 219 „ 17 v. u. statt auf lies auf,

**Im folgenden geben wir die Grundzüge der Einteilung und die Aufstellung der Themata nach einem vorläufigen Plane, der indes auf wohlmotivierten Wunsch der Autoren, sowie für den Fall, daß das Interesse des Publikums eine weiter gehende Detaillierung erwünscht erscheinen läßt, noch mannigfache Veränderungen, Erweiterungen und Ausfüllungen erfahren kann.**

## Naturwissenschaften.

**Astronomie:** Erde u. Mond. — Die Sonne, Planeten, Satelliten. — Kometen, Sternschnuppen, Meteorschwärme, Feuerkugeln 2c. — Astrognosie und die Fixstern-Astronomie.

**Geologie, Geognosie u. Bergwesen:** Die Erde als Weltkörper, das Relief der Erde, ihr Inneres, ihre Entstehung. — Die Niveauveränderungen der Erde. — Die Gebirge, ihr Bau und ihre Entstehung. — Die Erdbeben u. der Vulkanismus der Erde. — Die an der Veränderung der Erdoberfläche thätigen Kräfte (Quellen, Flüsse, Eisströme 2c.), Ablagerung der Zerstörungsprodukte, Mitwirkung tierischen u. pflanzlichen Lebens. — Die Versteinerungen. „Leitfossilien“. — Die verschiedenen sedimentären Formationen. — Geologie von Österreich-Ungarn, Deutschland, England, Frankreich, Amerika. — Die Geologie und ihr Verhältnis zu den übrigen Wissenschaften. — Die Geschichte der Geologie. — Der Ozean u. die Binnenmeere. — Die nutzbaren Mineralien u. ihre Gewinnung (Übersicht des Bergbaues). — Die fossilen Brennstoffe (Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit u. Kohlenbergbau).

**Physik, Chemie u. Meteorologie:** Das Wesen der Körper (Gase, Flüssigkeiten, feste Körper, Krystalle u. die Gesetze der Bewegung, Massenanziehung, Bewegung). — Die Welt der Atome (Bau u. Wesen des Stoffs, Kohäsion, Adhäsion, chemische Anziehung). — Die Luft (Natur u. Eigenschaften der Luft, die Atmosphäre, Luftdruck, Windströmungen, Principien der Ventilation, Luftschiffahrt), die Luft im Dienste der Technik (pneumatische Apparate, Luftpumpen, atmosphärische Eisenbahnen). — Das Wasser (Eigenschaften, Quellen, Bäche, Flüsse, Nebel, Thau, Regen, Schnee, Hagel, Gletscher, künstliches Eis). — Beleuchtungsstoffe. — Das Eisen (Eisenerze, Geschichte der Gewinnung des Eisens, Eisenhüttenwesen, Verarbeitung des Eisens, Stahl). — Die edlen Metalle (Quecksilber, Silber, Gold, Platin u. a., Gewinnung u. Verwendung). — Die unedlen Metalle (Kupfer, Wismut, Kadmium, Blei, Zinn, Zink, Antimon, Arsen, Kobalt, Nickel, Mangan, Aluminium 2c.). — Das Glas (Geschichte, Eigenschaften, Fabrikation, Verwendung, Hartglas, optische Gläser, künstliche Edelsteine). — Thon u. Porzellan (das Ganze der Keramik). — Die Nichtmetalle (Schwefel, Phosphor, Selen, Tellur, Chlor, Jod, Brom, Fluor, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kiesel, Kohlenstoff). — Salze u. Säuren (Inbegriff der chemischen Fabrikation, Salinenwesen, Soda, Schwefelsäure 2c.). — Die natürlichen und künstlichen Farbstoffe (Pflanzenfarbstoffe, tierische Farbstoffe, Mineralfarben, Teerfarben und Überblick über das Wesen der Färberei). — Die Produkte der Gährung (Wein, Bier, Branntwein, Essig, dann Fäulnis und Verwesung). — Die Chemie des täglichen Lebens (Chemie der Ernährung, Nahrungsmittel, ihre Wahl u. Zubereitung). — Pflanzen u. Tierstoffe im Dienste des Kulturlebens (Faserstoffe, Gewebe, Zeuge und ihre Verarbeitung, tierische Häute, Leder, Fette u. Öle und ihre Verwertung). — Elektrizität u. Magnetismus im Dienste des Verkehrs (Telegraphie, Telephonie, elektrische Eisenbahnen). — Das elektrische Licht. — Wärme u. Licht (das Theoretische über Licht u. Wärme als Bewegungserscheinungen u. ihre praktische Bedeutung). — Photographie u. Lichtdruck (das Gesamte über die chemischen Wirkungen des Lichtes). — Das Reich der Töne (der Schall u. seine Gesetze, musikalische Instrumente). — Die Witterungskunde.

**Zoologie.** Systematik. Reich der Protisten, Protoplasma, Schwämme, Protozoen. — Quallen. Radiata. — Arthropoda: Krustazea, Arachnida, Insekten. — Mollusken. — Fische. — Amphibien. — Vögel. — Mamalia. — Fauna von Deutschland. — Wichtigste Tiere der Polarländer. — Wichtigste Tiere der tropischen Länder. — Entstehung der Varietäten rc. — Systeme. — Morphologie u. Physiologie: Entwicklungs-Geschichte, Funktionen der körperlichen Organe mit Rücksicht auf den Menschen, Stoffwechsel, Lebensbedingungen, natürliches Ende. — Bedeutung der einzelnen Organe, Homologie, Generationswechsel, Ammenzustände, Waffen und Schutzmittel. — Allgemeines: Tiere der Vorwelt. — Entwicklung der jetzigen Fauna aus der früheren. — Tiergeographie. — Tierkunde der Alten und Entwicklung bis zur neuesten Zeit. — Wohnungen, Lebensweise der Tiere. — Das Tierreich im Verhältnis zum Menschen u. den andern Naturreichen. — Der Mensch.

**Botanik.** Systematik: Grenzen der Tier- u. Pflanzenwelt, Reich der Protisten, Pilze, Algen, Flechten, Moose; Beschreibung und Vorkommen der wichtigsten. — Gefäßpflanzen, systematische Beschreibung, Vorkommen der wichtigsten Pflanzen. — Nutzpflanzen der gemäßigten, kalten u. heißen Zone. — Flora von Deutschland u. Deutschösterreich. — Entstehung der Varietäten, Akkomodation neuer Eigenschaften, Ausbildung der Varietäten, Anpassen der morphol. Verhältnisse an die Lebensbedingungen, Varietät, Rasse, Art, Gattung, Familie, Klasse, Ordnung, Systeme. — Morphologie u. Physiologie: Erste Zustände organisierter Gebilde. Pflanzennahrung u. Aufnahme derselben, Stoffwechsel, Lebensbedingungen, Schutzmittel, Alter, Feinde, natürliches Ende. — Wie wächst die Pflanze. — Wie bildet die Pflanze Blüte, Frucht, Blätter rc. — Vermehrung, Fortpflanzung, Sporenpflanzen, Samenpflanzen, Generationswechsel. — Allgemeines: Pflanzen der Vorwelt. — Entwicklung unserer jetzigen Flora. — Pflanzengeographie. — Pflanzenkunde der ältesten Zeit in ihrer Entwicklung bis zur Gegenwart. — Das Pflanzenreich im Verhältnis zum Menschen u. zu den andern Naturreichen

**Medizin.** Gesundheitslehre. — Anatomie und Physiologie (Grundzüge).

## Historische Wissenschaften.

**Geschichte.** Ägypten. — Assyrien. Medien. — Persien. — Griechenland. — Rom. — Alexander d. Gr. — Cäsar. — Mittelalter: Oströmisches (Byzantinisches) Reich. — Deutschland bis zur Reformation. — Frankreich. — England. — Kreuzzüge. — Kämpfe der Christen u. Muhamedaner. — Italien. — Neuzeit: Portugal u. Spanien (rückgreifend). — Frankreich. — England. — Holland. — Deutschland. — Polen. — Rußland. — Skandinavien. — Osmanisches Reich. — Dreißigjähriger Krieg. — Siebenjähriger Krieg. — Luther. — Gustav Adolf. — Waldstein. — Friedrich d. Gr. — Kaiser Josef. — Napoleon. — Cromwell u. m. A. — Französische Revolution. — Gegenwart (XIX. Jahrh.): Preußen. — Deutschland. — Frankreich. — Rußland. — England. — Schweiz (rückgreifend). — Skandinavien. — Italien. — Vereinigte Staaten (rückgreifend). — Balkan-Halbinsel (christlich). — Ostindien. — Süd- u. Mittel-Amerika. — Osmanisches Reich. — Persien, Afghanistan u. Turan. — Spanien u. Portugal. — Österreich.

**Länder- u. Völkerkunde.** Europa: Portugal mit den Azoren. — Spanien. — Frankreich (Norden). — Frankreich (Süden). — England u. Schottland. — Irland. — Belgien. — Holland. — Schweiz. — Italien (Norden). — Italien (Süden). — Deutschland: Der Rhein von Worms an. Elsaß und Lothringen. Baden u. Württemberg. Baiern. Thüringen u. Hessen. Westfalen. Hannover, Oldenburg, Braunschweig. Sachsen. Brandenburg und Provinz

Sachsen. Schlesien. Ost- u. West-Preußen. Posen. Pommern u. Mecklenburg. Schleswig u. Holstein. — Skandinavien: Norwegen u. Dänemark. Schweden. u. Finnland. — Österreich: Alpenländer. Niederösterreich. Böhmen. Mähren u. Schlesien. Galizien u. Bukowina. Istrien u. Dalmatien. Ungarn u. Kroatien. — Balkan-Halbinsel. — Rußland. — Polen. — Asien: Sibirien. — Russisches u. Inner-Asien. — Persien. — Klein-Asien. — Syrien, Arabien. — Afghanistan, Beludschistan. — Ost-Indien. — Hinter-Indien. — Archipel. — China mit Thibet. — Japan. — Australien: Der Australkontinent u. Tasmanien. — Die ozeanische Inselwelt. — Afrika: Marocco. — Algier u. Tunis. — Tripolis u. Inner-Afrika mit dem Tschadsee. — Abyssinien, Galla, Somali, Madagaskar. — Senegal u. Westküste. — Südafrika. — Amerika: Englisch-Nordamerika u. die Vereinigten Staaten (a. Kanada u. die östlichen Staaten, b. die südlichen Staaten, c. der Westen u. Kalifornien). — Mexiko u. Mittelamerika. — Südamerika (Guiana u. Venezuela. Bolivia u. Peru. Chili. Argentinien. Brasilien). — Polarländer.

**Kulturgeschichte:** Ägypten. — Assyrien, Medien, Persien. — Indien. — Griechenland. — Rom. — China. — Japan. — Völkerwanderung. — Byzantinisches Reich. — Zeit Karl d. Gr. — Das Papsttum. — Entstehung u. Entwickelung der deutschen Städte. — Deutschland zur Zeit der Reformation. — Amerika (Urzustand, Kolonisation, Verfassung, Industrie, Sitten, Gebräuche). — Geschichte der Universitäten. — Frankreich unter Ludwig XIV. — England unter Elisabet. — Spanien unter arabischer Herrschaft. — Blüte der Wissenschaften unter den Kalifen. — Entwicklung des deutschen u. nordischen Mythus. — Die Juden seit ihrer Zerstreuung. — Geschichte der Religionen. — Das XVIII. Jahrhundert. — Das XIX. Jahrhundert. — Die Welt der Slaven. — Geschichte der Erfindungen. — Der Welthandel. — Geschichte der Gewerbe. — Geschichte der Medizin. — Geschichte der Mathematik. — Geschichte des Socialismus. — Geschichte der Heeresbildung u. Kriegführung. — Geschichte des Zeitungswesens. — Die Geschichte des Verkehrs. — Geschichte der Entdeckungen.

**Philologie:** Die Familie der Sprachen. — Geschichte der Schrift. — Die deutsche Sprache. — Die deutschen Mundarten. — Die germanischen Sprachen. — Die romanischen Sprachen. — Die slavischen Sprachen.

**Jurisprudenz:** Geschichte des Rechts. — Die wichtigsten strafrechtlichen Fragen unserer Zeit. — Geschichte der Verfassungen. — Der moderne Staat.

**Nationalökonomie:** Grundbegriffe. — Geschichte.

**Philosophie:** Geschichte. (Griechische Philosophie. Die Systematiker bis Kant. Neuere Philosophie.) — Geschichte des Materialismus. — Grundzüge der Psychologie. — Grundzüge der Logik. — Entwicklung der Moral. — Geschichte der Pädagogik. (Für die weitere Folge sind Monographien über die hervorragendsten Philosophen in Aussicht genommen.)

**Kunstgeschichte:** Die Kunst u. die Künste. (Übersichtlich in der Entwicklung ihrer ästhetischen u. technischen Seite beleuchtet.) — Geschichte der Architektur. — Geschichte der Skulptur. — (Der Orient u. die Antike. Wiedergeburt. Michel Angelo. Neuzeit. Ausgrabungen.) — Geschichte der Malerei. (Einleitung. Altertum. Vorklassische Zeit. Klassische Zeit. Italien. Deutschland. Niederlande. Die Gegenwart.) — Geschichte der vervielfältigenden Künste. — Geschichte des Kunstgewerbes. — Geschichte der Musik. — Geschichte der lyrischen und epischen Poesie. (Altertum. Mittelalter u. neuere Zeit. Gegenwart.) — Geschichte des Dramas. — Geschichte des Romans. — Geschichte des Theaters und der Schauspielkunst. — Geschichte der Oper. (Auch auf diesem Gebiete sind Monographien über die hervorragendsten Erscheinungen des gesamten Künstlerlebens und der Weltliteratur in Aussicht genommen.)